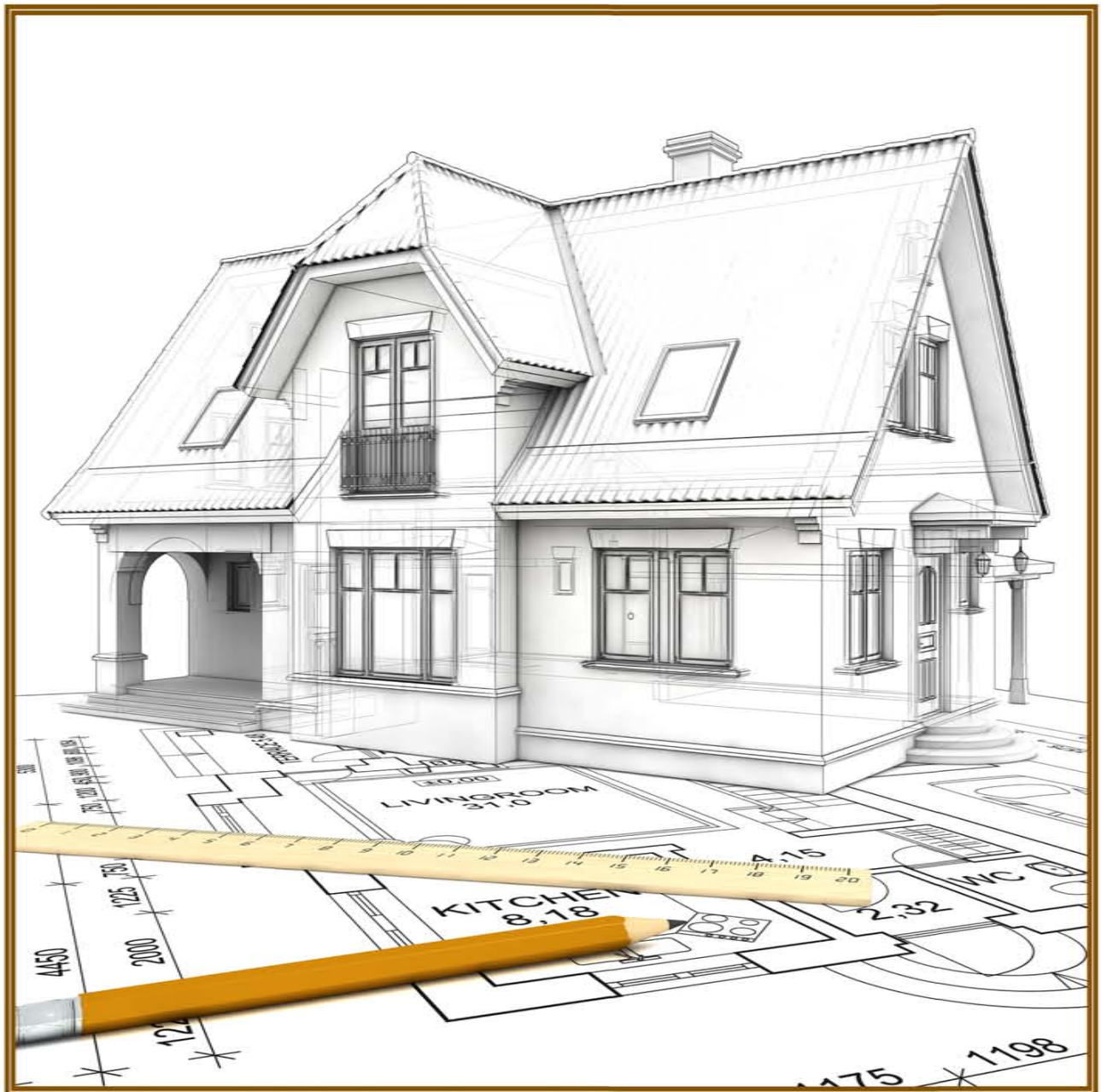


# GISAP:

TECHNICAL SCIENCES, CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

International Academy of Science and Higher Education  
London, United Kingdom  
International Scientific Analytical Project

№1 | September 2013



## Expert group:

Henrik Sargisyan (Armenia), Murat Adambaev, Gulzhan Kissamedin, Sarmentay Rahimbekov (Kazakhstan), Patrick Laviron (Luxembourg), Rasmus Skaarberg (Norway), Maciej Zmievski (Poland), Elena Artamonova, Eduard Garber, Galina Pimenova, Marat Telemtaev, Michail Treschalin (Russia), Victoriya Bondarenko, Aleksander Vykhodets, Michael Gorbichuk, Petro Lezhnyuk (Ukraine), Adam Blake (USA)

## Dear readers!

It may seem that the category «aesthetics» and the relevant image stereotypes and sensory feelings of a man can be related only to the field of artistic creativity and various works of art. At the same time the immense horizons of human activity conceal such areas of social activity in which the process of material production (connected with the creation of specific articles of consumption) may reasonably be identified as arts.

It is known that building and architecture are functionally inseparably linked with each other and together embodied in physical objects. These objects have not only aesthetical significance but also properties and values that make people around have stable emotional reactions, form outer image and entourage of everyday life of a man. Every day there are buildings and constructions around us. They define the environmental fullness of our habitat, visually dominate in the formation of large-scale images and standards of geometry, symmetry, compositional variety and color gamut of cityscapes.

I would say that architectural constructions are creative works that become the objects of mass attention of society most frequently. And when they are created in a format of true works of art, what an aesthetic fullness do they bring in our everyday life!

Technical progress is in turn literally weaved from creativity. Not only in the context of consumer's significance of visual aesthetics of devices and mechanisms but also in the fact that the development of technology is based on dynamic scientific search and virtuosic technological decisions of authors of various inventions. Technical creativity is significant by its intellectual-innovational component and functional orientation on maximum easing of everyday life of people, full and comprehensive satisfaction of their vital needs. Arts may be considered to be the most significant component of our life only in specific context. But areas of social life filled with creativity and developing just like arts – relying on talent and genius of prominent people – authors of intellectual masterpieces are really priceless.

Thomas Morgan  
Head of the IASHE International Projects Department  
August 01, 2013



Chief Editor – J.D., Prof., Acad. Pavlov V.V.

Copyright © 2013 IASHE

Design: Yury Skoblikov, Helena Grigorieva, Alexander Stadnichenko

Published and printed by the International Academy of Science and Higher Education (IASHE), 1 Kings Avenue, London, N21 1PQ, United Kingdom.

Phone: +442032899949, e-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu), www: <http://gisap.eu>

- ! No part of this magazine, including text, illustrations or any other elements may be used or reproduced in any way without
- the permission of the publisher or/and the author of the appropriate article.

## CONTENTS

<b>Fattakhov I.G.</b> , <i>Oktyabrsky Branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russia</i> THE ANALYSIS OF THE CONDITION OF WATER INSULATING WORKS ON FAMENNIAN SUBLEVEL WELLS AND ZAVOLZHYE SUPRAHORIZON WITH USE OF STATISTICAL TOOLS.....	2
<b>Kogina T.D.</b> , <i>Rybinsk State Aviation Technical University by P.A. Solovyev, Russia</i> PROSPECTS OF NANOTECHNOLOGIES IN AEROENGINE CONSTRUCTION.....	6
<b>Миролюк А.В.</b> , <i>Уфимский государственный технический университет, Россия</i> ПРЕДМЕТНОЕ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	9
<b>Ryjenko I.N.</b> , <i>Kyrgyz-Russian Slavic University, Kyrgyzstan</i> CREDIT RISK MANAGEMENT.....	12
<b>Коробова О.А., Бирюкова О.А., Любич И. В.</b> , <i>Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Россия</i> МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ ГРУНТОВ В РАСЧЕТАХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ.....	14
<b>Денисов А.Р., Левин М.Г., Некрасова Т.Н.</b> , <i>Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова, Россия</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОТОКА ЗАЯВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ.....	17
<b>Ignatova A.M., Ignatov M.N.</b> , <i>Perm National Research Polytechnic University, Russia</i> LIQUATION DIFFERENTIATION AND INTERACTION OF LIQUID PHASES IN SYNTHETIC MINERAL ALLOYS MELTS.....	20
<b>Исаева Л.Е., Лев И.Е.</b> , <i>Национальная металлургическая академия Украины, Украина</i> <b>Шипилин С.Я.</b> , <i>Физико-технологический институт металлов и сплавов, Украина</i> СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В КАВИТАЦИОННОСТОЙКИХ CR- MN-V-N-СТАЛЯХ* .....	23
<b>Кабенов Д.И., Разахова Б.Ш., Сатыбалдина Д.Ж., Муратхан Р.</b> <i>Евразийский национальный университета им Л.Н. Гумилева, Казахстан</i> МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	25
<b>Кайда С.В., Паслен В.В.</b> , <i>Донецкий национальный технический университет, Украина</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕВЕРСИВНЫХ СРЕД В АНТЕННОЙ ТЕХНИКЕ. АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО СКАНИРОВАНИЯ.....	30
<b>Kissamedin G.M.</b> , <i>Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering, Kazakhstan</i> UNIQUE RESIDENTIAL HOUSE IN ALMATY, THE STALINIST PERIOD IN ALMATY.....	33
<b>Krukov A.F., Krukova I.A.</b> , <i>Federal University of Siberia, Russia</i> JUSTIFICATION OF TRENDS WHEN CYCLIC VARIATIONS OF INDICATORS.....	35
<b>Михнова П.В.</b> , <i>Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан</i> ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ ФОРМ АРХИТЕКТУРНОЙ И ПРЕДМЕТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ.....	37
<b>Малыгина В.Д., Сусская М.Н.</b> , <i>Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, Украина</i> ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	40
<b>Таратин В.В.</b> , <i>Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, Россия</i> АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ.....	43
<b>Титова Е.С.</b> , <i>Институт черной металлургии Национальной академии наук Украины, Украина</i> <b>Титова Т.М.</b> , <i>Днепропетровский государственный технический университет, Украина</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СРЕДСТВ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ СОЗДАНИИ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	47
<b>Дубровский В.А., Третьяк Н.В., Чернецкий М.Ю.</b> , <i>Сибирский федеральный университет, Россия</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ.....	50
<b>Трещалин М.Ю., Трещалин Ю.М.</b> , <i>Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Россия</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАПИЛЛЯРНОЙ ПРОПИТКИ НЕТКАНОЙ ОСНОВЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	54
<b>Хлопков Ю.И., Зей Мью Мьинг, Хлопков А.Ю., Чжо Зин</b> , <i>Московский физико-технический институт, Россия</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	57

Fattakhov I.G.,  
Cand. of Technical,  
Sciences  
Associate Prof.  
Oktyabrsky Branch of Ufa  
State Petroleum  
Technological University,  
Russia

Conference participant,  
National championship  
in scientific analytics

## THE ANALYSIS OF THE CONDITION OF WATER INSULATING WORKS ON FAMENNIAN SUBLEVEL WELLS AND ZAVOLZHYE SUPRAHORIZON WITH USE OF STATISTICAL TOOLS

*The question of the analysis of a condition of water insulating works on the layers of a Famennian sublevel and Zavolzhye suprahorizon is considered in the article. The method of main components (for grouping) and the regression analysis were used for a forecast of works productivity of additional oil production and duration of effect from influence. Models are received and recommendations are made.*

**Keywords:** analysis, water insulating works, dependence, grouping, components, factors

Necessity of the qualitative analysis of a condition of works on water inflow restriction is an integral part at the subsequent forecasts of again offered objects under influence. Dfam and Dzav layers, in which homogeneous groups of wells are allocated, are considered in work. Analyzed layers, after allocation of homogeneous sets of wells, were divided into 8 groups of objects.

Geological-physical properties of analyzed objects (80 wells of layers of Dfam and Dzav of the Southern Tatar arch fields, on which water insulating works were carried out) change largely (an analyzed sample consisted of 3120 values) therefore for the purpose of finding the optimum number of parameters classification by six options including from 39 to 7 parameters (table 1) is carried out.

A certain characteristic of classification offered options can be received, considering the share of dispersion [1,2] explained by several main components (drawing 1). Therefore, at any classification option it is possible to be limited by considering five – seven main components, characterizing not less than 65 % of parameters variability (on the average 86 %) [3].

Each of groups in the corresponding main component axes possesses own area of values (drawing 2-3), separated from others [4]. At the imaging on the plane the arrangement of some objects can coincide in one coordinates, however their consideration in others allows to draw a conclusion on well belonging to one or different groups. The presented distribution of our groups in coordinate axes of the first and the second main components at the first and sixth options of classification testifies that the arrangement of some objects can coincide

in one coordinates though their consideration in others allows to draw a conclusion on

their accessory to one or different groups. In coordinates of PC1-PC2 of group 1 and

Table 1.

Classification of objects by the geological-physical characteristic of a layer by main components methods.

Parameters, unit of measure	Option					
	1	2	3	4	5	6
qo	+	+	+	+	-	+
ql	+	+	+	+	-	+
B	+	+	+	+	-	+
q'o	-	+	-	+	-	-
q'l	-	+	-	+	-	-
q'w	-	+	-	+	-	-
qini	-	+	-	+	-	-
qmax	-	+	-	+	-	-
q"	-	+	-	+	-	-
Qo	+	+	-	+	-	-
Ql	+	+	-	+	-	-
Qw	+	+	-	+	-	-
Tl	-	+	-	+	-	-
Te	+	+	-	+	-	-
T'	-	+	-	+	-	-
L	+	+	-	-	+	-
pl	+	+	+	-	+	-
pin	-	+	-	-	-	-
Vp	+	+	+	-	-	-
t	+	+	-	-	-	-
ko	+	+	+	-	-	+
m	+	+	-	-	-	+
kp	+	+	-	-	-	+
p	+	+	-	-	-	-
opr	-	+	-	-	-	+
pkv	-	+	-	-	-	+
ko	+	+	+	-	-	+
hper	+	+	-	-	+	-
hg	+	+	+	-	+	-
nop	+	+	+	-	+	-
nopm	-	+	-	-	+	-
qh	-	+	-	-	+	-
nc	-	+	-	-	-	-
se	+	+	-	-	-	-
sm	-	+	-	-	-	-
s	-	+	-	-	-	-
N	-	+	-	-	-	+
d	-	+	-	-	-	-
on	-	+	-	-	-	-



2 are separately located relatively each other at the first option of classification, and at the sixth option their areas are imposed at each other.

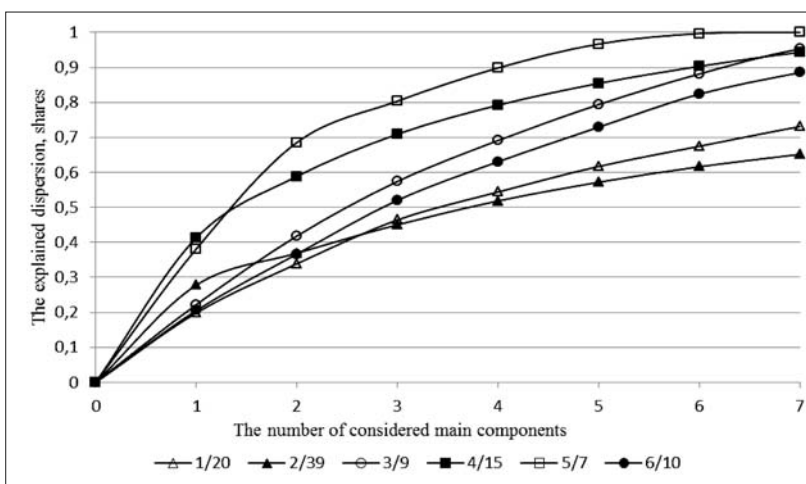
From the results of the analysis follows that from 39 main components 67,47 % are the share of the first seven for Dfam and Dzav layers of parameters general dispersion (drawing 4). It turns out, that at allocation of rather homogeneous objects groups it is quite enough to consider them in the space of these components. Any of seven main components has substantial character, gives in to semantic interpretation, reflecting this or that property characterizing operational characteristics, deposit conditions, physical-chemical and capacitor-filtrational properties of layers and fluids sating them, current state of development of these objects.

The first component reflects generally operational characteristics on wells and capacitor-filtrational characteristics. The second component - a factor causing punched characteristics and conditions of reservoir deposit. The third component reflects layer thickness properties and punching and the parameters reflecting values of pressure. In the fourth main component the contribution is brought by special factors of heterogeneity and types of the punchers opening wells taking into account age and diameter of openings, also such operational characteristic, as factor of the relation of the maximum output to an average on oil, and also frequency rate of carrying out acid processings here enters. The fifth component includes conditions of layer deposit and operational characteristics. The sixth component reflects primary conditions of sampling, acid processings and the parameters reflecting layer thickness properties. The seventh component includes physical and chemical properties of sating fluids, capacitor and filtrational characteristics, technological parameters and type of the puncher, which carried out layer opening.

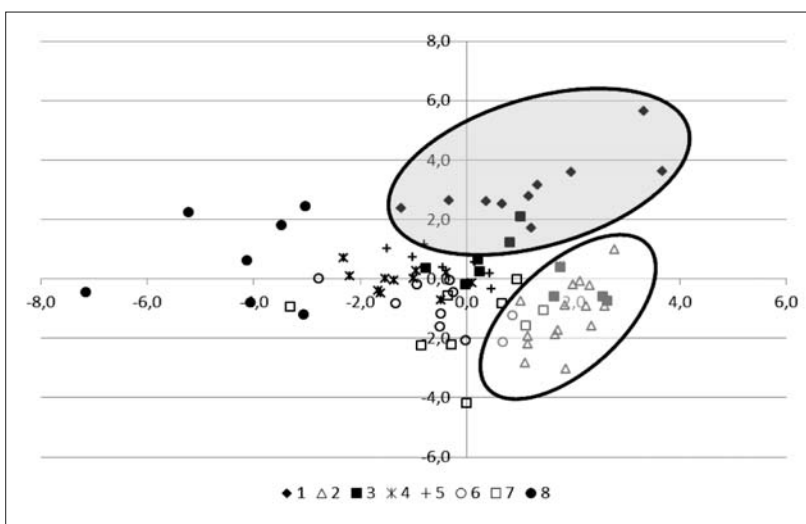
The parameters influencing the main share of dispersion are specified in table 2, entering in each of seven components.

It is necessary to emphasize that the share of the sixth and seventh components come the smallest values of parameters general dispersion - 4,23 % and 4,02 %.

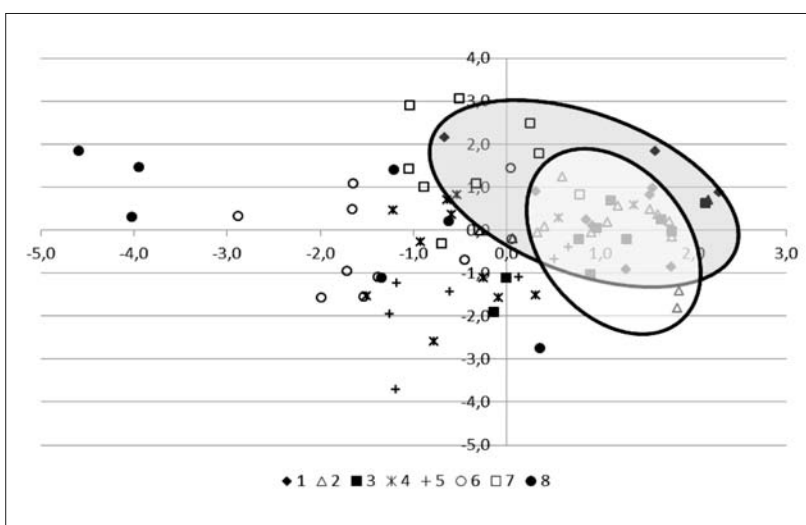
From the foregoing it is visible that every component reflects geological, technological and other features of development objects in this or that hierarchical level.



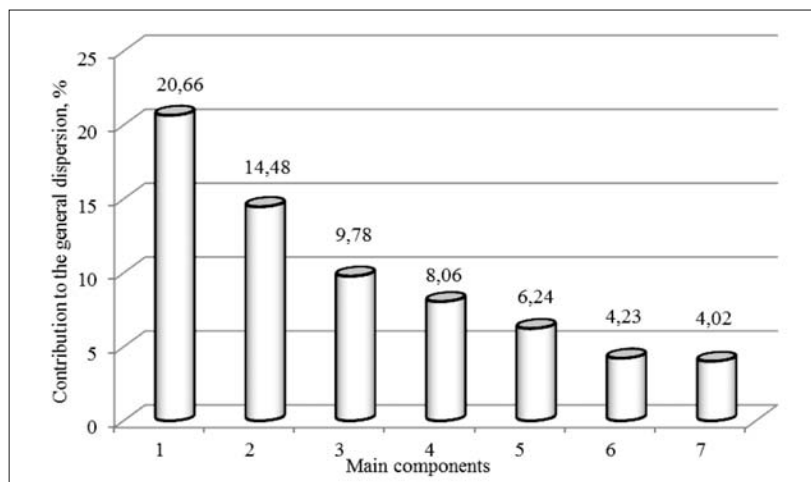
**Drawing 1. Dependence of the explained share of dispersion on number included into a consideration components and geological-physical parameters (in numerator is classification option, in a denominator – number of analyzed physical parameters)**



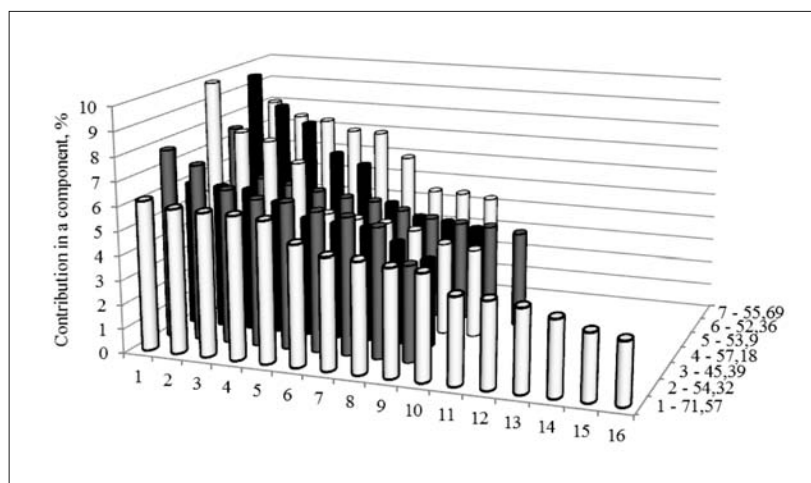
**Drawing 2. Distribution of research objects in axes of PC1-PC2 main components by the first option of classification**



**Drawing 3. Distribution of research objects in PC1-PC2 main components axes by the sixth option of classification.**



**Drawing 4. the Contribution of main components into the general dispersion of parameters.**



**Drawing 5. the Contribution of parameters to each of the 7th component (on an axis x – number of parameters in a component, on an axis y – number components and a contribution of parameters to its dispersion).**

With use of the most influencing factors the regression equations by each studied result are worked out: in addition extracted oil for all duration of effect  $\Delta q_H$ , tons; duration of effect on time of  $T$ , months; watercutting change  $\Delta B$ , % (positive, if the watercutting after processing has been decreased or on the contrary); change of production of water  $\Delta q_B$ , t/day (taking into account the entire period of effect action); the maximum gain of an output on oil in a month, t/month. All parameters were normalized for an exception of independent factors influence on dependent. The multiple factor of correlation was used for an interrelation assessment between parameters, adequacy of the received equations of multiple linear regression was estimated by Fischer's ratio test, and the importance of factors estimates of factors

of the equation by Student's test. Following models for  $D_{fam}$  and  $D_{zav}$  layers were received:

1. Additional oil production at the expense of water insulating works with application polymer of acid influence:

$$\Delta q = 0.356Q_w - 0.216q_o - 0.054q_{ini} + 0.294V_p - 0.145h_{per} - 0.087p_{ort} - 0.084S_m \quad (1)$$

The greatest positive influence on the additional oil production is rendered by sizes of pumped reagents volume and number of the saved-up production on water for the entire period of operation.

2. Duration of effect on time:

$$T = 0.305V_p - 0.179q_o - 0.182T_e - 0.041k_o - 0.154h_{per} - 0.091n_{opm} + 0.06S_m \quad (2)$$

The greatest positive influence on duration of effect is rendered by size of volume of pumped reagents.

3. Change of an obvodnennost of B:

$$\Delta B = 0.469B - 0.136q_o - 0.095Q_l + 0.057m - 0.213p_{kv} + 0.233n_{op} + 0.011n_c \quad (3)$$

The greatest positive influence on change of an obvodnennost is rendered by obvodnennost size before processing.

4. Change of production of water  $\Delta q_B$ :

$$\Delta q_w = 0.584q_l + 0.174B + 0.092q_o + 0.061L - \quad (4)$$

**Distribution of parameters onto components**

**Table 2.**

	1	2	3	4	5	6	7
1	Ql	s	nopm	se	q"	B	t
2	q'w	N	ql	d	B	ql	kp
3	Qo	hg	pl	on	t	T'	on
4	q'o	nc	L	ko	q'o	nopm	sm
5	qmax	nop	hper	Qw	q'w	opr	Vp
6	qh	hper	q'l	nop	L	hper	p
7	Qw	Tl	on	q"	pl	N	nop
8	qini	Te	pin	sm	qo	q'l	pl
9	q'l	sm	N	nopm	qh	qini	pin
10	m			nc	ko		
11	opr				qini		
12	Tl						
13	Te						
14	ko						
15	d						
16	qo						

$$0,072pl + 0,224m + 0,066opr$$

The greatest positive influence on change of production of water is rendered by size of production of liquid before processing.

1. The maximum gain of an output on oil in a month:

$$\Delta q_{max} = 0,169q_{max} - 0,09Q_o + 0,222Q_w + 0,0077I + 0,094pl + 0,311V_p + 0,129kp \quad (5)$$

The greatest positive influence on the maximum gain of oil production is rendered by size of volume of pumped reagents.

The multiple factor of correlation fluctuates in limits from 54 % to 71 %. The equation is statistically significant with probability of 72-80 %.

The analysis of the received equations of multiple linear regression allowed to receive the following results:

1. A method main a component one of the most productive tools serving for a choice and justification of a complex of

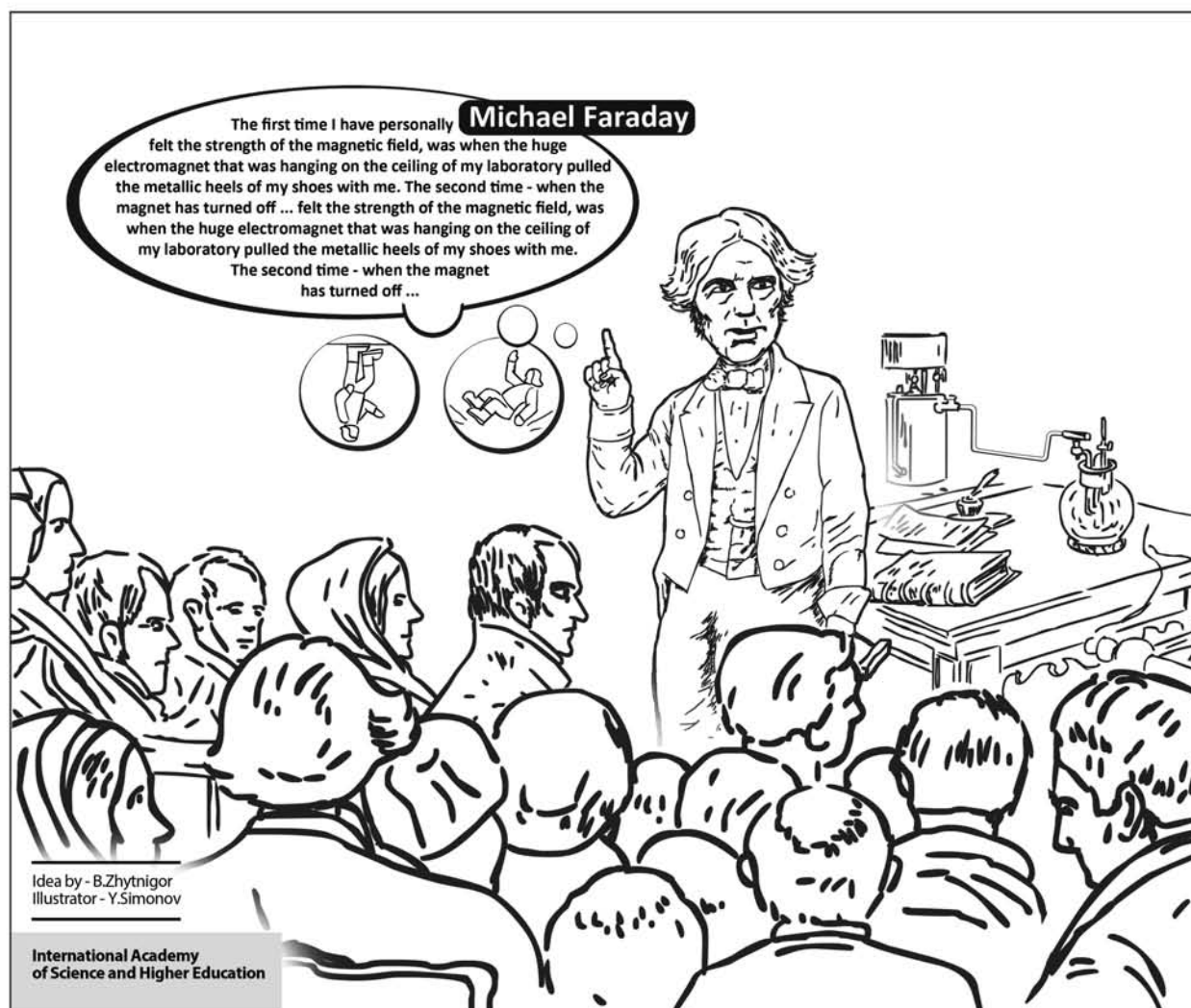
criteria of effective application of technology and an assessment of an informativnost of geologo-physical parameters of sheeted systems. Receiving authentic models of carrying out polymer of acid influence is possible even at reduction of the huge massif of used basic data by allocation and grouping of various parameters by this method.

2. High extent of influence of a complex of geologo-technological parameters of processed wells on size of efficiency of carried-out water insulating works with composition use on the basis of polymer and acid is revealed. The most powerful are the following factors: on all results of the carried-out influences have influence operational characteristics (in each equation is on two, these three parameters). In different degree the parameter of water insulating reagent, capacitor and filtrational properties of a layer, the characteristic of punching and acid processings influence. It is revealed that a slozhnopostroyennost of fields became the reason of that 30 % of all parameters

entering into the equations, are connected with special factors of heterogeneity, tolshchinny properties and conditions of a zaleganiye of a layer

## References:

1. Muhametshin V.Sh., Differenciatsiya i gruppировanie slozhnopostroyennykh zalezhej pri reshenii zadach razrabotki. - Ufa: UGNTU, 2003. - 85 s.
2. Tokarev M.A., Kompleksnyj geologo-promyslovyy kontro' za tekuwej nefteotdachej pri vytesnenii nefti vodoj. - M.: «Nedra», 1990. - 267s.
3. Fattahov I.G. Analiz rezul'tatov primeneniya polimer kislotnogo vozdejstvija na skvazhinah turnejnskogo jarusa, zavalzhskogo nadgorizonta i famenskogo pod#jarusa /I.G. Fattahov. - Ufa: Izd-vo UGNTU, 2009. - 146 s.
4. Fattahov I.G. Klassifikatsiya ob#ektov razrabotki s ispol'zovaniem metoda glavnykh komponent/I.G. Fattahov//Neftepromyslovoe delo. - 2009. - №4. - S. 6-9.



Kogina T.D.,  
Dr. of Engineering, Prof.  
Rybinsk State Aviation  
Technical University of P.A.  
Solov'yev, Russia

Conference participant,  
National championship in scientific analytics

## PROSPECTS OF NANOTECHNOLOGIES IN AEROENGINE CONSTRUCTION

*Here are considered the main aspects of the nanotechnology application in the production of aircraft gas turbine engines. Here are presented possibilities of synthesis technology of the thermal barrier coating on cooled turbine blades of next generation GTE, technology of nanostructured multilayer coatings for metal cutting tools. Here is made actual the issue of industrial production of leucosapphire single crystals. In conclusion, here are presented competence-based personnel training educational programs for nanoindustry companies.*

**Keywords:** nanotechnology, aeroengine manufacturing, nanoindustry, gas turbine engine, turbine blade, leucosapphire single crystal, personnel, educational program.

Aeroengine construction is the industry which includes the results of research and development of scientists and engineers from many high-tech areas, herewith almost all the technical solutions are based on the essential basic research in the sphere of engines, gas dynamics, combustion and heat transfer, structural integrity theories, and the theory of integral and intelligent control and diagnostics. The work for creation of innovative products in the aeroengine construction sphere can not be performed without the use of a high-level computer multi-disciplinary simulation and a physical modeling test and field testing of components and engines as a whole using of a unique simulating test benches.

The development of gas turbine engines for aircrafts and for ground applications marks tendency to increase the temperature in the combustion chambers of gas turbines

from 1300 °C to 1700 °C, and the prospective gas turbines to ultrahigh temperatures of 2000 °C, providing an increase of efficiency and performance factor of gas turbine engines. The increase of operating temperatures of gas turbines makes it especially urgent to introduce new high-performance thermal barrier coatings for thermo-loaded gas turbine components - flame tubes of the combustion chamber and cooled blades of the first stages of the turbine.

University scientists developed the synthesis technology of thermal barrier coatings on cooled turbine blades of a new generation GTE, which includes the steps of applying a heat-resistant metal layer Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, with  $\alpha$ -a modified crystal lattice by ion-plasma method and heat-resistant ceramic layer by vapor deposition on the vacuum electron beam unit. Directions of workflow optimization and an optimization criterion – ply

rating, the essence of which is to model the synthesis of nanostructured coatings Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, allowing to eliminate the phase instability and low adhesion of its components (Figure 1) are proposed.

Continuous improvement of aircraft engine design, extensive use of hard materials for critical parts with high accuracy of working surfaces led to a large scale implementation of machine tools with CNC, machining centers, transfer lines and other expensive equipment that requires a considerable intensification of the cutting parameters that causes an increased tool consumption as a result. One of the effective ways to reduce a tool consumption while achieving a high level of processing is the use of metal tools with a wear-resistant coatings. Wear-resistant coatings allow to get working surface of a tool with a desired service characteristics, usually without changing

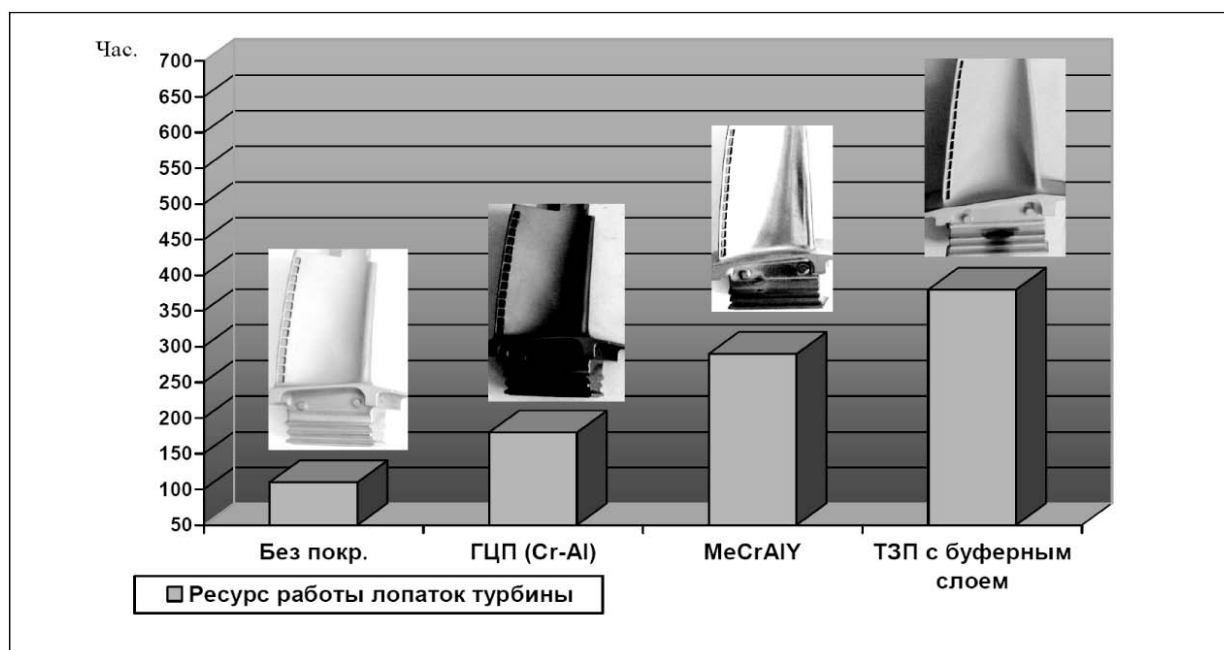


Figure 1. Operational life of thermal barrier coatings of cooled turbine blades at the temperature 1100 °C.



the properties of the main tool. Therefore, nowadays tool manufacturers, like Sandvik Coromant, Iscar, Dormer, Walter, JSC "NIR", Kirovograd carbide factory, etc., are being developed in the following areas: improving the geometry and the material of the cutting end, the development of wear-resistant coating technologies.

Nanostructured multilayer coatings consisting of several layers separated by thin intermediate are becoming more common nowadays. The coating technology allows to give them the characteristics needed for specific processing conditions, and to ensure that the coating effectively complements the physical and mechanical properties of the substrate of the carbide. In a multi-layer coating each wear layer performs its function, improving the performance of the cutting edge. By varying the composition and thickness of the layers, you can create cutting edge of hard alloys, designed for processing a certain group of materials for specific operations or for universal application for different workpiece materials and working op-

erations.

RGATU by P.A. Solovyov has conducted researches to improve the performance of carbide cutting tools with wear-resistant coatings, used for GTE machining. The mechanism of influence of a multi-layered coating architecture on its structural parameters, mechanical properties, wear and breakdown (Figure 2) is developed. It is established that the effective resistance of a delamination spread of a wear layer can be raised or lowered by thermal stresses, that are realized by a sudden temperature change of the coating layer.

The study found that the use of a damping multilayer coating AlTiN-TiN-Ti (with variable thickness of AlTiN), prepared by high-speed magnetron sputtering, significantly increases the efficiency of carbide end mills. This allows to expand their use in machining, where there are loads that often cause the destruction of conventional coatings at the very beginning of work, especially when milling carbide workpieces with large cutting thickness. The developed in the University

technology of optimization of the coating process of wear resistant nanostructured coatings of solid carbide end mills by the boundary delamination complex includes an extensive set of factors that determine the resistance of the coating, including the physical and mechanical properties of the treated and tool material, cutting conditions, the geometric parameters of the cutter, that allows to predict the structure of the multilayer coating on the stage of productions tooling of end mills.

In the field of aviation instrument making RGATU by P.A. Solovyov together with JSC "RIMP" run an innovative project for the technology development and industrial production in an industrial scale of single-crystal leucosapphire weighing up to 30 kg for electronics, optoelectronics, optics, precision mechanics, instrument making and laser technology.

Leucosapphires are used to create high-brightness LEDs, for the development and production of pastes for the metallization of solar cells, which are one of the most

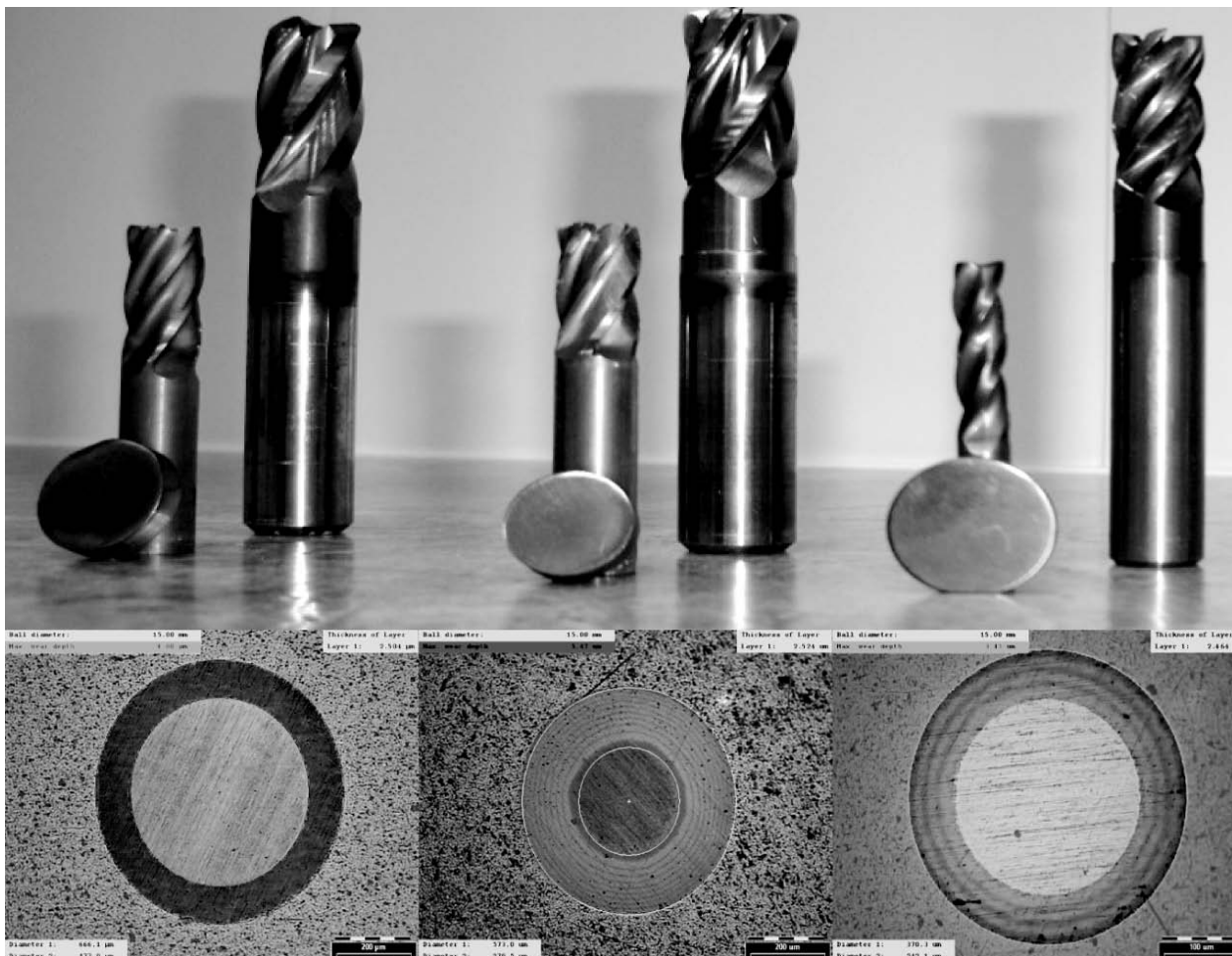


Figure 2. Mills with nanocomposite wear-resistant coatings and results of thickness monitoring of tool coatings using caliper «Calotest»

promising segments of the renewable energy market. In the future - the development of technologies for producing shaped crystals of ruby refractory compounds, aluminum yttrium garnet, etc. Work is underway to transition to a more efficient technological equipment for leucosapphire crystal growth by Kyropoulos method, that allows to obtain leucosapphire single-crystal boules weighing up to 60 kg, used in the construction of space ships and aircrafts.

It should be noted that it is of great importance in the development of any field of science and technology not only high-end engineering technologies, but also educational.

Analysis of the situation with qualified personnel for high-tech companies, as well as the situation in the regional segment of the labor market has shown that there is not a quantitative deficit, when there are experts, but their number is not sufficient, and the qualitative and structural shortage. In fact, the profession reproduction in many important areas has stopped, and the educational system in institutions of vocational education behind the changes in the field of practices. The situation with staffing science intensive plants hampered by the lack of effective forms of interaction between the system of training and professional sphere of consumption. The labor market is stripped from mechanisms for the influx of new staff and young professionals in the industry.

Thus, nowadays there are no most critical elements of infrastructure of staffing, as well as the reproduction of human resources for aeroengine industry, rocket, ship, instrumentation and other high-tech industries.

The task of forming an efficient infrastructure of staffing of high-tech sectors of industry can not be solved within an enterprise, it requires the participation and the consolidation of the efforts of many parties: public authorities, associations of producers, institutions, corporate training centers, information centers and specialized agents of the labor market. Therefore, it is taken to consider the regional training systems and attracting engineering and management staff to the company as the basis of stuffing the high-tech industry sectors.

In a shortage of highly skilled stuff on the labor market aviation, aerospace industries and other high-tech industries have to develop and apply new technologies for training and attracting staff.

On behalf of RSATU and with a support of "Rosnano" technical training center for specialists in the field of nanomaterials and nanotechnology (UTC PS ERIP) was created in 2010. The specialization of the centre was based on the requests of employers. In particular, the training of qualified personnel for industries, using axial tools with nanostructured coating - on behalf of JSC "New instrumental solutions." Training according to the program "Technologies of leucosapphire single crystal and other refractory crystals growth for electronics and instrumentation" is held under contract with JSC "Rybinsk instrument making plant." Training and retraining of personnel in the sphere of synthesis of termobarrier nanostructured coatings of GTE hot parts – on behalf of JSC "NPO Saturn" and JSC "Saturn-Gas Turbines."

The educational programs of technical training center are based on a modular approach, which provides the ability to create optional specializations to enhance training in a specific direction.

Education of the specialists, as well as improving of their skill level is based on the competency curriculum, which is the main document. A feature of this curriculum is to focus not on the training set of topics and subjects taught in a certain volume, but on the received practical knowledge and skills that enable professionals to successfully meet the challenges related to the development and production of modern high tech machines.

There is an opportunity to create specializations as part of specialties and areas of training and retraining. Specializations are part of the specialty in which they are created, and expect to obtain deeper professional knowledge in a particular specialty profile. Number of hours (laboriousness) for disciplines of the specialization should be based on the discipline specificity.

One of the problems that require joint decision by educational institutions and enterprises is to define the requirements for the competence of engineers involved in the production process, and the definition of the competences required to perform specific functions in the process, the implementation of their goals (objectives) and the achievement of the planned results according to the quality requirements. Joint development of for company specialists allows to design educational programs coordinated with the strategy of the enterprise.

The competence models design for the company specialists is performed under the analysis of two interrelated systems: a complete system of business objectives, defining the area of final results that are achieved by total implementation of all activities of the company management; complete system of enterprise processes and functions required for the operational management under the formed task system. The advantage of this approach is that the process of defining the required competencies of staff and their subsequent development are related to the processes of development, coordination and implementation of organizational tasks. It is provided the ability to change the requirements for the staff competence in the case of new enterprise development goals and, therefore, the new features of employees work in order to prevent the emergence of inconsistencies in the manufacturing process due to timely raise of the requirements to the personnel competences.

The main assessment tools for increase of the personnel competences during the education and after it are the following technologies: the use of automated information system, measuring the competencies using a test, unification of the results into groups of competencies, drawing of a radar chart of student competences and overlay of it on the radar chart of required competencies; self-appraisal of the competencies change for the implementation of which each student is provided with the available in the educational complex tasks for self-control and control questions. It is also expected to modify the automated information system of competencies measurement to enable on-line access for the students involved in the training program.

In general, the developed two-level system for training specialists provides the implementation of an optimal training paths for each student and allows to form the necessary competencies for the program. The proposed studying program can be used to develop a competence-oriented program of advanced training of personnel for nanotechnology companies. Test scores after the subjects studying, and the results of graduation thesis are evident of the acquired competences that will be used in the further production activity of the specialists at the nanoidustry and aeroengine production enterprises.

Миронюк А. В.,  
канд. архитектуры  
Ухтинский  
государственный  
технический университет,  
Россия

## ПРЕДМЕТНОЕ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*В статье рассматриваются вопросы архитектурного проектирования, основанные на объемном моделировании, этапы архитектурной композиции, цели объемно-пространственного моделирования, процесс создания архитектурного произведения с привлечением архитектурной композиции.*

**Ключевые слова:** теория архитектурной композиции, объемное моделирование, макетирование, композиция ограниченного пространства, композиция открытого пространства, абстрактное мышление, композиционный замысел, пластика формы.

*In this paper, architectural design, based on comprehensive modeling stages of the architectural composition, purpose three-dimensional modeling, the process of architectural work involving the architectural composition.*

**Keywords:** theory of architectural composition, solid modeling, layout, composition of limited space, the composition of open space, abstract reasoning, compositional design, plastic form.

Участник конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике

Термин «композиция» обозначает сложение, состав, построение художественного произведения, определенные системы средств раскрытия и организации образов, связи и отношения этих образов. Изучением процесса и результатов композиционного моделирования архитектурной формы занимается специальная наука — теория архитектурной формы и композиции. Создание художественно-композиционной модели будущего объекта, фиксация ее в объемных макетах, схемах, эскизах — важнейшая стадия архитектурного проектирования. Издревне на первичном этапе проектирования зодчие использовали архитектурную композицию, характерной особенностью которой является трехмерное представление будущего здания или сооружения.

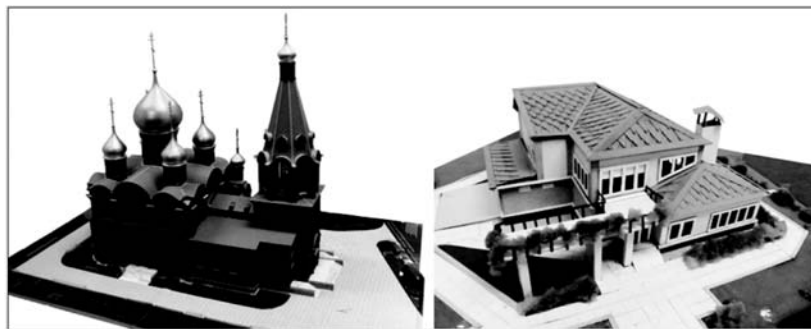


Рис. 2 Объемные модели общественных и жилых зданий  
(студенческие работы)

Методика архитектурного проектирования, основанная на объемном моделировании, является главной на первых курсах, когда основное внимание направлено на структурно-композиционную сторону архитектурных объектов. Процесс работы над проектом начинается с формирования отвлеченной объемно-про-

странственной геометрической композиции, обладающей некоторыми конкретными признаками будущего объекта. Сначала создается обобщенная геометрическая модель-макет, пространственные характеристики которой соответствуют габаритам и имеют характерный силуэт-абрис проектируемого сооружения (рис. 1).

Это промежуточная стадия между абстрактной графической объемной композицией (которая имеет лишь художественно-прикладное значение) и итоговым проектным решением (архитектурно-строительной виртуальной моделью объекта, комплектами рабочей документации) (рис. 2).

Современная теория архитектурной композиции определяет общие категории взаимоотношений архитектурного объема-массы, геометрического пространства, физиологических законов восприятия цвета и света. Различаются виртуальные ком-

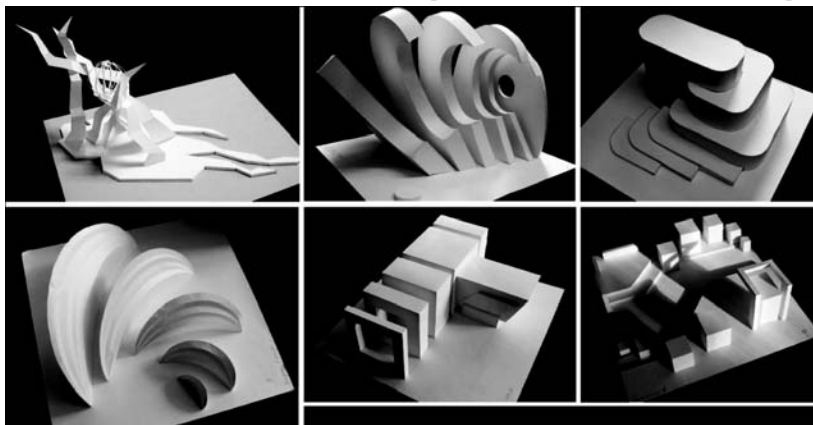


Рис. 1. Студенческие работы по архитектурной композиции  
(абстрактные модели)



Рис. 3 Учебные студенческие работы по архитектурной композиции



Рис. 4 Композиции открытого пространства (студенческие работы)

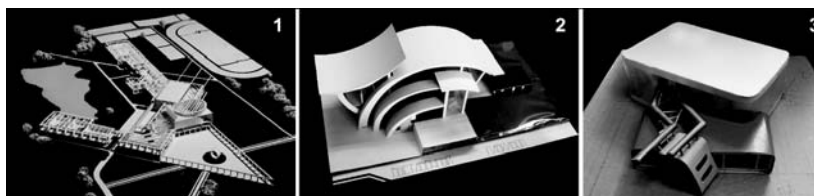


Рис. 5 Объемно-пространственные модели (студенческие работы):  
1 – средняя общеобразовательная школа, 2-3 – выставочные павильоны

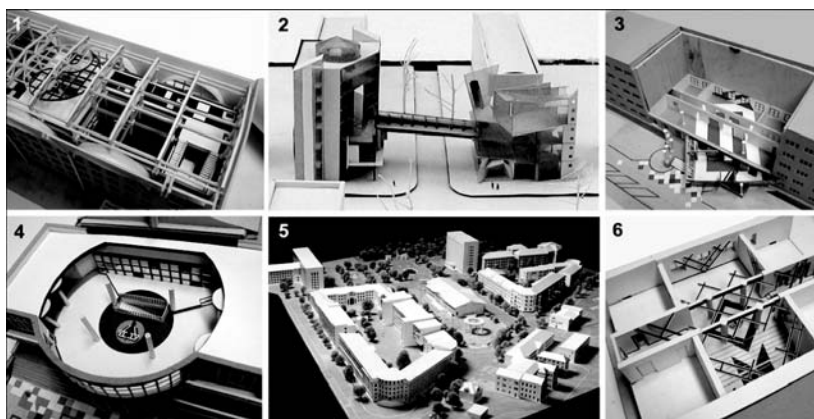


Рис. 6 Объемно-пространственные модели общественных зданий (студенческие работы):

1 – реконструкция учебного корпуса, 2 – здание банка, 3 – реконструкция входной группы общежития, 4 – реконструкция университетской столовой, 5 – благоустройство городского квартала, 6 – реконструкция вестибюля учебного корпуса

позиционные модели ограниченных и открытых архитектурных пространств.

Композиция ограниченного пространства решается с помощью организации различных геометрических элементов, расположенных внутри визуальной границы восприятия архитектурного пространства (по периметру, на поверхности основания и поверхности перекрытия). К таким

композиционным моделям относят объемно-пространственную композицию отдельного фрагмента здания или сгруппированных фрагментов сооружения, интерьера, конструктивного каркаса (рис. 3).

Композиция открытого пространства решается формированием пластики поверхности тектонического основания и объектов-доминант (рис. 4). Пластика основания задает ха-

рактик движения в трехмерном пространстве и определяет сценарий восприятия архитектурного решения. Объекты-доминанты определяют характер различных связей между соподчиненными им элементами композиции. В число указанных композиционных моделей входят ландшафтные композиции, варианты объемных решений экстерьера объектов, сценарные градостроительные композиции.

Исследования проблемы формирования у человека образов, действий и понятий, проведенные психологами и педагогами, дают основание говорить о дидактическом эффекте предметного моделирования. Предметное объемно-пространственное моделирование, как метод, сопутствующий творческим стадиям архитектурного проекта, — активное средство обучения, имеющее преимущества перед графическими средствами. При графической работе студент постепенно учится преобразовывать мыслительный образ будущего объекта в изображение, тогда как при проведении предметной деятельности — моделировании — это происходит скорее. В моделировании творческий замысел материализуется, получает наглядное выражение [1].

Объемно-пространственное моделирование преследует следующие цели:

- содействовать творческому поиску;
- быть геометрически наглядной проверкой объемно-пространственного, композиционного и конструктивного построения объекта или группы объектов;
- служить предметной иллюстрацией для контрольной проверки конечного результата проектирования.

Процесс создания архитектурного произведения — это движение композиционной модели от первоначальной идеи (представленной в виде простейших геометрических форм, рожденных образной ассоциацией) через организацию пространства из групп усложненных форм к конструктивно-технологической системе документов, выраженной в понятии «проект». В методологическом от-



ношении наиболее продуктивно рабочее моделирование, проводимое с целью поиска композиционного решения. Организация исполнения рабочих макетов студентами на этапах проектного поиска наряду с графическим эскизированием становится творческим методом вариантного проектирования. Рабочее моделирование (макет) предполагает активную деятельность студентов, связанную с визуализацией — мыслительным «обмериванием» макета, отыскиванием соотношений между частями, проверкой различных точек зрения и соотношений внутреннего и внешнего пространства. Макетирование развивает способность фиксировать свою мысль, зрительно воспринимать

и оценивать решение. Абстрактное мышление получает опору в наглядности — студент творчески осваивает метод макетирования. Навыки по всем видам композиции закрепляются на конкретных упражнениях и проектах, на основе тщательно разработанных функциональных программ-заданий: при градостроительном макетировании достигается единство планировочного замысла и пространственной идеи застройки, связь с природной и градостроительной ситуацией; объемно-пространственное макетирование проектов павильонов, клубов, школ способствует выработке трехмерного пластического представления о сооружении как об абстрактной объемной форме (рис.

5); макетирование интерьера позволяет показать многоуровневое развитие пространства.

Первичный композиционный замысел развивается только тогда, когда формируются различные модели проектируемого объекта (функционально-планировочная, эргономическая, конструктивная и т.д.), которые согласуются с архитектурной композицией, уточняя и конкретизируя ее.

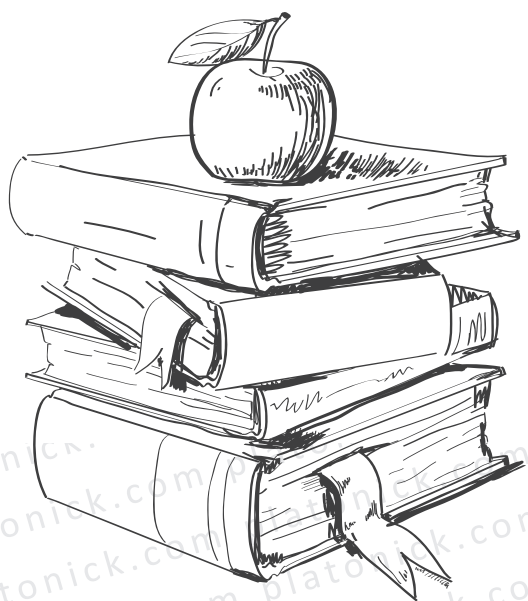
#### Литература:

1. Никитина Н. П. Аналитический метод изучения архитектурной композиции / Н. П. Никитина // Известия Уральского государственного университета. — 2010. — № 4(81). — С. 71-73.



# «PlatoNick»

*International multilingual social network  
for scientists and intellectuals*



- Possibility of the informal communication with colleagues from various countries
- Demonstration and recognition of the creative potential
- Promulgation and presentation of author's scientific works and artworks of various formats for everyone interested to review

<http://platonick.com>

Ryjenko I.N., Cand. of Technical Sciences, Associate Prof.  
Kyrgyz-Russian Slavic University,  
Kyrgyzstan

Conference participant,  
National championship in scientific analytics,  
Open European and Asian research analytics  
championship

Modern systems of cloud computer technologies offer great opportunities to create management systems of various business processes. Formalization of the management processes will allow to increase the quality of created information systems.

Credit acts as a support of the modern economy, an integral part of economic development. Thanks to the credit the time for satisfaction of business and personal needs is reduced. Credit use different businesses, state governments, and individual citizens.

Credit extension is naturally associated with a return movement, it is impossible without the return lent cost [1].

In the research area of commercial risk are two aspects - two views: "In the public mind, and in a number of scientific publications, dominates two opposite views on the nature of risk. On the one hand, the risk comes in the form of possible failure, danger, material and other losses that can be as a result by the implementation of the worked-out solutions, on the other hand - the risk is identified with an estimated fortune, a good outcome" [2].

The quality of the credit risk management depends on the effectiveness of the management systems and internal control of the credit organization. Basel Committee considers the credit risk as the probability that arises in deciding by the management and the staff of the credit organizations of uncontrolled and unstructured decisions [3].

As the ultimate target of the credit risk management, define the profit function.

The main task of the quality of credit risk regulation is defined maintenance of acceptable profitability ratios with safety and liquidity indicators in management of asset and liabilities of the credit organizations, that is, the maximization of profits.

Using the above definition and systems of design of business processes, create a business process model of the credit risk management. In Fig. 1 is a business process,

## CREDIT RISK MANAGEMENT

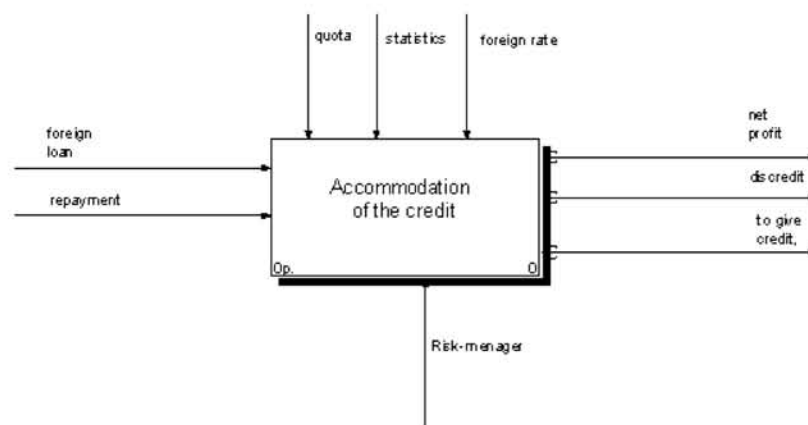


Fig. 1. Business process loan

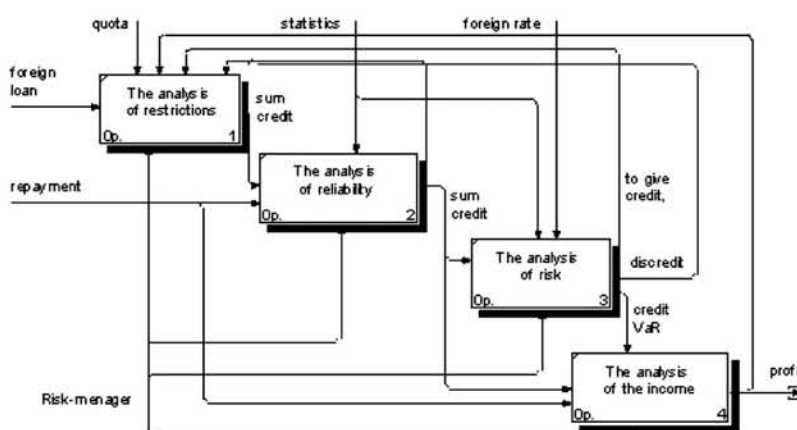


Fig. 2. Credit risk management

defining the inputs and outputs of the process of credit extension.

Using methods of decomposition and information management, we will receive business process model of the credit risk management in Fig. 2.

Perform the formalization of the business process of credit risk management. Suppose that, for any requirement of the credit there is an opportunity of receiving profit:

$$\forall F_M \exists P_M \in P: 0 \leq P \leq P_{\max}: F \notin \emptyset \quad (1)$$

where:  $F$  – value of the credit requirements (foreign loan),  
 $P$  – the expected return (profit),

$M$  – the horizon of the credit extension (maturity).

$$\max P(F) \rightarrow SC \cdot CVaR: 0 \leq SC \leq F \quad (2)$$

where:  $SC$  – credit amount,  
 $CVaR$  – assessment of credit risk (Credit VaR).

The credit amount is defined by limit and membership function received as a result of the credit risk analysis:

$$SC \rightarrow quota \& \mu(T) \quad (3)$$

where:  $quota$  – limit for credit,  
 $\mu(T)$  – membership function,  
 $T$  – term (to give credit or discredit).

VaR - is an estimate of the maximum potential loss on a financial instrument or portfolio over a given period of time in the event of adverse changes in market factors, calculated with a certain confidence interval.

At present, the risk management activities banks moving towards automation of customer service, forecasting, and quantitative assessment of risk. The use of agents in a distributed Internet and cloud computing technologies for risk management, allows us to consider hundreds of possible scenarios of market behavior and calculate the possible results of it. In addition to the functions of modeling such systems should support the administration and tracking of risk strategy. Timely, accurate and complete information is the basis for a quantitative assessment and monitoring of financial risks.

Structure established by the bank limits of risk reflects its strategy and «appetite for risk». Limits on the level of risk is determined for specific counterparties, markets and instruments.

In the process of risk management for the financial market participant is a very important question, or may not be included in the risk situation? Different behavior, in this context, is characterized by risk appetite. In the decision of risk plays an important role informing the parties, his experience, skills, competencies. Willingness to take risks to a large extent also depends on the results of implementation of the previous decisions taken in the same conditions. The risk management process is dynamic enough and its effectiveness depends on the speed of response to changing market conditions, the economic situation in general, the financial condition of the commercial bank. Of particular importance in solving problems is risk manager intuition, which is the ability to find the right solution.

One of the traditional methods of assessing and managing risk is a statistical method. The basic tools of statistical analysis are - variance, standard deviation, coefficient of variation. The essence of this approach is to analyze statistical data for the greatest possible period of time, so you can compare the frequency of loss of the bank with the probability of their occurrence. This method can be applied to the evaluation of different types of risks the bank, both external and internal. The frequency of occurrence of an acceptable level of losses for the bank depends on the number of cases, the onset of a specific level of losses and the total

number of cases in the statistical sample.

The statistical method is to study the statistics of losses and profits that occurred when making similar decisions, to establish the magnitude and frequency of receipt of an economic impact, and then conduct a probabilistic analysis and forecast of the future market behavior.

Analysis of the financial condition of the borrower held by the manager based on fundamental analysis, and includes a detailed study of the operations of the borrower, the dynamics of its cash flows, the value of its future earnings. The main objective here is to assess the solvency of the borrower. In carrying out the analysis must be considered:

— the probability of default of the borrower;

— probability distribution of losses subject of default of the borrower.

For a reliable estimation of the probability of default, and other parameters required historical data for many years. With some frequency the world's largest credit rating agencies Standard & Poor's, Moody's Investors Service, Fitch Ratings, Thomson Bank-Watch and others publish statistical analyzes borrowers. For each rating group provides historical data frequency of default, default rate variation and the frequency of transitions from one rating category to another. Recent values form the so-called transition matrix of credit scoring.

We define a matrix of transition probabilities, the probability of default of the borrower correcting the assumption that, in any period, the probability of default is distributed from min (0) to the value adopted for the probability of the rating agency and is subject to normal distribution:

$$\max P(F) \rightarrow SC \cdot \quad (4)$$

$$CVaR: 0 \leq SC \leq F$$

Where:  $\forall K: K \in U \rightarrow \mu(T)$  ,

$Ph$ - relative probability;

$K$  - Transition probability;

$U$  - The domain of the probability of default;

$P$  - The probability of default of the borrower;

$\mu$  - Membership function;

$T$  - A set of terms;

$i = 1 \dots n$  period (month, year, ...);

$j = 1 \dots n$ .

Define the membership function of probability of default of the borrower:

$$\mu(T_1)_{i,j} = 1 - Ph_{i,j} / \max(Ph: K)_{i,j} \Leftrightarrow low\ value$$

$$\mu(T_2)_{i,j} = Ph_{i,j} / \max(Ph: K)_{i,j} \Leftrightarrow high\ value$$

$$\mu(T_3)_{i,j} = 1 - K_{i,j} / \max(Ph: K)_{i,j} \Leftrightarrow low\ value$$

$$\mu(T_4)_{i,j} = K_{i,j} / \max(Ph: K)_{i,j} \Leftrightarrow high\ value$$

As an assessment of the credit risk is determined by the expectation of losses depending on the relative probability of default by the formula:

$$M_{i,j} = ((1 + R_{i,j})Ph_{i,j} - R_{i,j}h_{i,j}(1 - Ph_{i,j}))S_j \quad (5)$$

where:  $R$  - the rate of interest;

$S$  - The amount of the loan;

$h = m$  - a relative term (horizon of the loan).

Determine the relative probability of default of the borrower, provided the manager:

$$Ph_{\Delta_{i,j}} = f(Ph_{i,j}, K_{i,j}, \mu(T_{1+4})_{i,j}) \quad (6)$$

Next, the mathematical expectation of loss assessment manager:

$$M_{\Delta_{i,j}} = ((1 + R_{i,j})Ph_{\Delta_{i,j}} - R_{i,j}h_{i,j}(1 - Ph_{\Delta_{i,j}}))S_j \quad (7)$$

This makes it possible to determine the optimal placement of the credit limit, as the operation of intersection sets estimates of losses:

$$\min(h_{i,j}) \leq Ho_{i,j} \leq h_{i,j} = f(M_{i,j} \cap M_{\Delta_{i,j}}) \quad (8)$$

where:  $Ho$  - the optimal boundary of the loan period.

According to the analysis it can be concluded whether the loan. In the proposed model credit risk assessment produced significant differences, are as follows:

— determination of the probability of default of the borrower reflects the possibility of a default in any of the periods of the horizon of the loan;

— accounted for the variation frequency of default and the frequency of transitions from one rating category to another when evaluating potential losses;

— The choice of the optimal period of the loan.

### References:

1. Money, Credit, Banks: ed. Lavrushina O.M. M: Finance and Statistics, 2004. - 464s.
2. Algin A.P. Brink of economic risk. M.: Knowledge, 1991.
3. Principles for the management of interest rate risk. Basel Committee. www.bis.org
4. Managing Interest Rate Risk in the Banking Book. www.oenb.at

Коробова О.А.,  
д-р техн. наук, проф.  
Бирюкова О.А., аспирант  
Любич И. В., аспирант  
Новосибирский  
государственный  
архитектурно-строитель-  
ный  
университет (Сибстрин),  
Россия

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике,  
Открытого  
Европейско-Азиатского  
первенства  
по научной аналитике

## МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ ГРУНТОВ В РАСЧЕТАХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

*В статье представлен усовершенствованный метод расчета деформаций грунтовых оснований, позволяющий учитывать деформационную анизотропию грунта. Исследованиями выявлено, что влияние деформационной анизотропии на величину прогнозируемых осадок при слабо выраженной анизотропии обычных грунтов оценивается величиной, достигающей 10-40% от расчетной осадки фундамента, расположенного на изотропном основании. Полученные данные можно использовать в расчетах оснований по деформациям при надстройке зданий и сооружений, принимая во внимание, что для анизотропных грунтов показателем анизотропии  $\alpha < 1$  расчет по методике СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» не учитывающей анизотропию, приводит к завышенным значениям осадок, а также при таких способах усиления фундаментов, как уширение подошвы фундамента, устройства обойм, рубашек, наращиваний и т.п. Для грунтов, характеризующихся показателями анизотропии  $\alpha > 1$ , традиционный расчет дает уменьшение значения осадок, и если учесть, что для таких грунтов особенно велико влияние деформационной анизотропии, т.к. это, как правило, грунты, имеющие слоистую или столбчатую текстуру, то пренебрегать этим фактом при реконструкции недопустимо.*

**Ключевые слова:** деформационная анизотропия, грунты, анизотропное грунтовое основание, метод расчета по деформациям, усовершенствованный метод.

*An improved method of calculating the deformation of soil bases for incorporating strain anisotropy of the soil is presented in the article. Research has shown that the influence of strain anisotropy on the value of the predicted settlements with poorly expressed anisotropy of ordinary soils is estimated to reach 10-40% of the theoretical foundation settlement, located on the isotropic base. The obtained data can be used in the calculation of basis for distortions in the superstructure of buildings and structures, taking into account that for anisotropic soils the anisotropy index  $\alpha < 1$  by the method of calculation of SP 22.13330.2011 "Foundations of buildings and structures" which ignores the anisotropy, leads to overstated values of settling and in such a ways of the foundations enhancements as the foundation base broadening, the clips arrangement, casings, build-ups, etc. For soils with the anisotropy index  $\alpha > 1$ , the traditional calculation gives the decrease of the settling values. Considering that strain anisotropy impact is particularly high as these are usually soils with a layered or columnar texture, neglecting of this fact during the reconstruction is unacceptable.*

**Keywords:** strain anisotropy, soils, anisotropic foundation bed, stiffness analysis method, improved method.

Многочисленные исследования ученых, как в России, так и за рубежом убедительно свидетельствуют о том, что все нескальные грунты обладают свойством деформационной анизотропии. [1] В связи с этим, учет анизотропных свойств грунтов в расчетах грунтовых оснований позволяет уточнить их реальные свойства и в настоящее время приобретает свою неоспоримую актуальность. Для достижения этой цели авторами были проведены многочисленные экспериментальные и теоретические исследования по выявлению и оценке напряженно-деформированного состояния

(н.д.с.) анизотропных грунтовых оснований, целью которых являлось создать практический метод расчета деформаций фундаментов, позволяющий учесть их деформационную анизотропию. [2] Этот метод заключается в следующем. На первом этапе при оценке инженерно-геологических условий необходимо определить модули деформации грунтов по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Для определения деформируемости грунтов по взаимно перпендикулярным направлениям пробы грунта необходимо отбирать при вертикальном и боковом положении колец (по шесть

проб в каждом случае) (рисунок 1). Исследования грунтов естественного сложения были проведены по стандартным методикам в уплотнителях системы "Гидропроект" (рисунок 2).

Исследования деформационной анизотропии грунтов, имеющих структуру, сформированную простой отсыпкой, уплотнением виброванием и трамбованием были проведены в приборе трехосного сжатия (ПТС системы А.Л. Крыжановского) с независимым регулированием переменных величин главных напряжений. Прибор создан на кафедре инженерной геологии, оснований и фун-



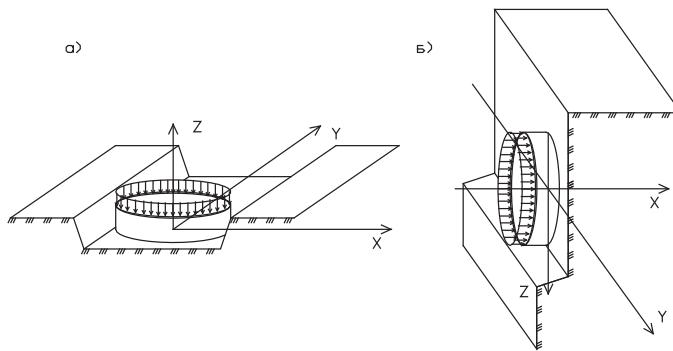


Рисунок 1. Схема отбора образцов грунта

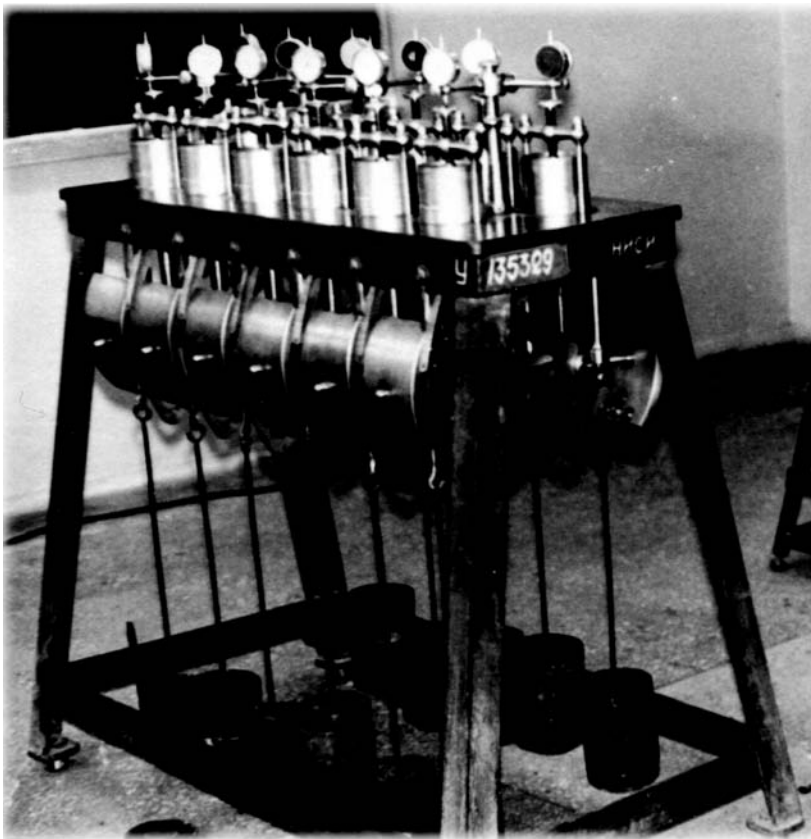


Рисунок 2. Уплотнители системы "Гидропроект"

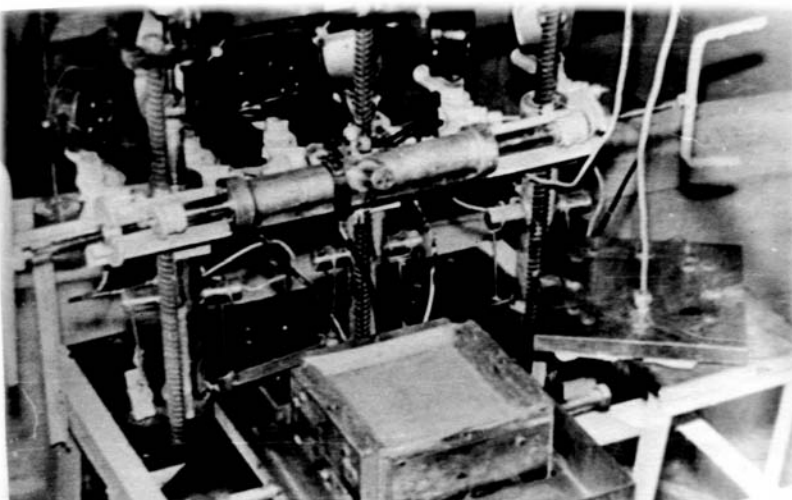


Рисунок 3. Прибор трехосного сжатия /ПТС/ с независимым регулированием величин главных напряжений

даментов Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) (рисунок 3). [2]

Полученные в экспериментах значения деформаций образцов грунта в вертикальном и горизонтальном направлениях были использованы для оценки деформационной анизотропии грунтов. При анализе полученных результатов оказалось возможным оценить степень деформационной анизотропии грунтов показателем анизотропии  $\tilde{\alpha} = E_z/E_x = s_z/s_x = \epsilon_z/\epsilon_x$ , где  $E_z$  и  $E_x$  – модули деформации в вертикальном и горизонтальном направлениях,  $s_z$  и  $s_x$ ,  $\epsilon_z$  и  $\epsilon_x$  – абсолютные и относительные деформации в вертикальном и горизонтальном направлениях соответственно, а для грунтов, испытанных в приборе трехосного сжатия эта оценка была проведена по отношению  $s_x/s_y$  (по взаимно перпендикулярным горизонтальным направлениям  $y$  и  $x$ ). Показатели анизотропии  $\tilde{\alpha}$  исследованных видов грунта изменились от 0,5 до 2,1, что практически ощутимо.

Модули деформации  $E_z$  и  $E_x$  можно определять известными методами в соответствии с СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» [3] по результатам компрессионных испытаний стандартных образцов грунта, вырезанных из монолита или непосредственно в месте отбора проб грунта по вертикальному и горизонтальному направлениям. Значения  $\epsilon_x$  и  $\epsilon_z$  можно определить также испытаниями образцов в стабилометре. Значения коэффициента Пуассона  $\nu_{yx}$  в расчетах н.д.с. анизотропной полуплоскости (слоя) для различных грунтов рекомендуется принимать табличными и равными для песков – 0,25; супесей – 0,30; суглинков – 0,35 и глин – 0,40.

Значения модуля сдвига  $G_{xz}$ , в связи с малым влиянием его на результаты напряженно-деформированного состояния (н.д.с.) анизотропной полуплоскости (слоя), представленной грунтами с нечетко выраженной слоистостью текстуры, рекомендуется вычислять по зависимости:

$$G_{xz} = \frac{E_{cp}}{[2(1 + \nu_{cp})]} \quad (1)$$

$$\text{где } E_{cp} = \frac{E_z + E_x}{2}; \quad \nu_{cp} = \frac{\nu_{yx} + \nu_{xz}}{2}$$

Напряженно деформированное состояние трансверсально-изотропной полуплоскости (слоя) рекомендуется уста-

навливать по результатам расчетов, выполненных методом конечных элементов по любым существующим в настоящее время программам, по которым можно получить картину н.д.с. грунтовых оснований (COSMOS, COSMOS/M, ANSYS, PLAXIS и др.) при известных значениях модулей деформации грунтовой среды  $E_z$  и  $E_x$ ; коэффициентах Пуассона  $\nu_{yx}$  и  $\nu_{xz}$  в предположении  $\nu_{yx} = \nu_{xz}$ , где первый параметр характеризует боковое расширение грунта в плоскости изотропии (в горизонтальной плоскости  $xy$ ), а второй – расширение в вертикальном направлении от нормальных горизонтальных напряжений; модуле сдвига  $G_{xz}$  в вертикальной плоскости деформирования; величина  $\nu_{xz} = \nu_{xz} (E_z / E_x)$ . При сравнении полученных результатов расчета н.д.с. однородно-анизотропных и изотропных оснований в виде слоев различной мощности и полуплоскости оказалось возможным простым способом учесть деформационную анизотропию грунтов основания при помощи коэффициентов влияния анизотропии грунта. Эти коэффициенты показывают, какую долю от напряжения в изотропной среде составляют соответствующие напряжения в анизотропной. Значения коэффициентов вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} K_a &= \sigma_{za} / \sigma_z \\ K'_a &= \sigma_{xa} / \sigma_x \end{aligned} \quad (2)$$

где  $K_a$  и  $K'_a$  – поправочные коэффициенты влияния анизотропии грунта;

$\sigma_{za}$  и  $\sigma_{xa}$  – вертикальные и горизонтальные напряжения для анизотропной среды;

$\sigma_z$  и  $\sigma_x$  – то же, для изотропной.

Напряжения  $\sigma_{za}$  и  $\sigma_{xa}$ ,  $\sigma_z$  и  $\sigma_x$  вычисляются для характерных точек грунтового массива, расположенных на центральной и угловой вертикалях загруженного участка поверхности. Поправочные коэффициенты влияния анизотропии грунта можно применять для корректировки величин осадок фундаментов, рассчитанных любым из существующих в настоящее время методов. [3] Эти данные достаточны для расчета осадок фундаментов, расположенных на поверхности полуплоскости или слоев различной мощности. Для удобства практического использования коэффициентов  $K_a$  и  $K'_a$  они вычислены для средин горизонтальных слоев, назначаемых под подошвой фундамента по СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» [3]

через 0,4b (b – ширина загруженного участка основания, равная ширине подошвы фундамента). В случае необходимости нетрудно провести интерполяцию значений  $K_a$  и  $K'_a$  как по показателю  $\alpha$ , так и по глубине расположения точек, в которых вычисляются значения напряжений  $\sigma_{za}$  и  $\sigma_{xa}$ . Коэффициенты, определяемые для точек угловой вертикали, необходимы для расчета осадок с учетом влияния нагрузок от соседних фундаментов. Значения горизонтальных напряжений  $\sigma_x$  и  $\sigma_{xa}$  применяются для расчета осадок более строгими методами, в которых учитывается возможность боковых деформаций грунта основания. Влияние заглубления фундамента может быть учтено введением в расчет дополнительных напряжений от равномерной нагрузки на условной поверхности основания с интенсивностью, равной природному давлению грунта  $\sigma_{zg,0}$  на уровне подошвы фундамента.

Полученные расчетам результаты позволяют усовершенствовать метод послойного суммирования деформаций. Усовершенствование метода заключается в учете деформируемости грунта по вертикальному и горизонтальному направлениям при действии вертикальных  $\sigma_{zр,а}$  и горизонтальных  $\sigma_{хр,а}$  дополнительных напряжений, рассчитываемых для точек полуплоскости, которые расположены на центральной вертикали посредине слоев  $h_i$ , предусмотренных формулой:

$$s = \sum \varepsilon_{z,i} \cdot h_i, \quad (3)$$

$$\text{где } \varepsilon_{z,i} = \frac{\sigma_{zр,а}}{E_z} (1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{zy}) - \frac{\sigma_{хр,а}}{E_x} (1 + \nu_{xy}).$$

Наиболее просто влияние анизотропии можно учесть по формуле (4) путем корректировки только напряжений  $\sigma_{zр,i}$ , т.е. по формуле:

$$s = \beta \sum \sigma_{zр,i} \frac{h_i}{E_{z,i}} \quad (4)$$

При этом точность расчета осадок несколько снижается.

Толщина  $h_i$  и количество слоев  $n$  принимается в соответствии с СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

Дополнительные напряжения вычисляются по зависимостям:

$$\begin{aligned} \sigma_{zр,i,\alpha} &= \sigma_{zр,i} \cdot K_\alpha, \\ \sigma_{хр,i,\alpha} &= \sigma_{хр,i} \cdot K'_\alpha, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{zр,i,\alpha} &= \sigma_{zр,i} \cdot K_\alpha, \\ \sigma_{хр,i,\alpha} &= \sigma_{хр,i} \cdot K'_\alpha, \end{aligned}$$

где  $\sigma_{zр,i}(\sigma'_{zр,i})$  и  $\sigma_{хр,i}(\sigma'_{хр,i})$  дополнительные напряжения в соответствующих точках  $i$  изотропной полуплоскости определяются по имеющимся решениям для линейно-деформируемой среды;

$K_a(K'_a)$  и  $K'_a(K'_a)$  – коэффициенты влияния анизотропии грунта для характерных точек центральной и угловой вертикалей. Значения  $K_a(K'_a)$  и  $K'_a(K'_a)$  получены путем сопоставления соответствующих напряжений, рассчитанных методом конечных элементов при  $\alpha = 1$  и  $\alpha \neq 1$ .

В случае необходимости определения значений  $K_a(K'_a)$  и  $K'_a(K'_a)$  для других точек центральной и угловой вертикалей их значения находятся интерполяцией результатов.

Вывод. Установлено, что в тех случаях, когда основание имеет показатель деформационной анизотропии  $\alpha < 1$ , значение расчетного сопротивления грунта основания  $R$  увеличивается, что приводит к уменьшению размеров подошвы фундаментов и к получению экономического эффекта, и, наоборот, при  $\alpha > 1$  требуется увеличение размеров подошвы по сравнению с установленными по СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Исследования показали, при применении изотропной модели для расчетов грунтовых оснований приводит к искажению действительной картины н.д.с. основания. Предлагаемый практический метод учета деформационной анизотропии может быть рекомендован для внедрения в практику проектирования и строительства фундаментов.

## Литература:

1. Рыбин В. С. Проектирование фундаментов реконструируемых зданий / В. С. Рыбин. – М. : Стройиздат, 1990. – 296 с.
2. Коробова О.А. Основные результаты экспериментально-теоретических исследований деформационной анизотропии грунтов// Ползуновский альманах/ АлтГту им. И.И. Ползунова.- Барнаул, 2001.- № 1-2.- С.82
3. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».- Актуализированная версия СНиП 2.02.01-83\*; Введ. 20.05.2011.- Минрегион России. - М.: ОАО "ЦПТ", 2011.-157 с.

Денисов А.Р.,  
канд. техн. наук, доцент  
Левин М.Г.,  
д-р техн. наук, проф.  
Некрасова Т.Н.,  
д-р техн. наук,  
соискатель  
Костромской государствен-  
ный университет им.  
Н.А. Некрасова, Россия

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике,  
Открытого Европейско-Азиат-  
ского первенства  
по научной аналитике

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОТОКА ЗАЯВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

*Обосновывается, что в распределительных сетевых компаниях поток заявок на технологическое присоединение к электрическим сетям подчинен закону Пуассона, интенсивность которого можно определить по предложенной регрессионной модели. Выделены потоки заявок внутри общего потока в зависимости от категории заявителя и заявленной мощности.*

**Ключевые слова:** технологическое присоединение к электрическим сетям, системы массового обслуживания, поток Пуассона.

*It is justified that in the distribution grid companies the requests flow for technological association to electrical networks is subordinate to the Poisson law which intensity it is possible to determine by the offered regression model. Request subflows in the general flow depending on category of the applicant and the declared capacity are selected.*

**Keywords:** technological association to electrical networks, queuing systems, Poisson flow.

При системном анализе и моделировании деятельности распределительных сетевых компаний (РСК) особое внимание уделяется, как правило, бизнес-процессу (БП) «Технологическое присоединение» (ТП), являющемуся наряду с БП «Распределение электрической энергии» основным доходным процессом РСК. От качества реализации БП ТП в значительной мере зависит не только финансовый успех РСК, но и её деловая репутация у клиентов, стейкхолдеров и властных структур муниципального и регионального уровней. Нормативно-правовые отношения РСК и клиентов регламентирует [3], устанавливающее достаточно жёсткие сроки реализации заявки. В связи с этим задача планирования работ по исполнению заявок и рационального распределения ресурсов РСК является весьма актуальной.

Для решения указанной задачи необходимо, прежде всего, построить его адекватную математическую модель. По мнению авторов в качестве такой модели целесообразно использовать систему массового обслуживания (СМО), что позволит количественно оценить важнейшие статистические и динамические показатели исследуемого БП. Первый вопрос, который возникает при синтезе модели СМО, формулируется следующим образом: какому закону подчиняется входной поток заявок?

Для ответа на этот вопрос авторами проведен статистический анализ фактических данных, собранных соответствующими службами филиала ОАО «МРСК Центра» – «Костромаэнерго» в 2008-2012 г.г. Весьма значительный объём

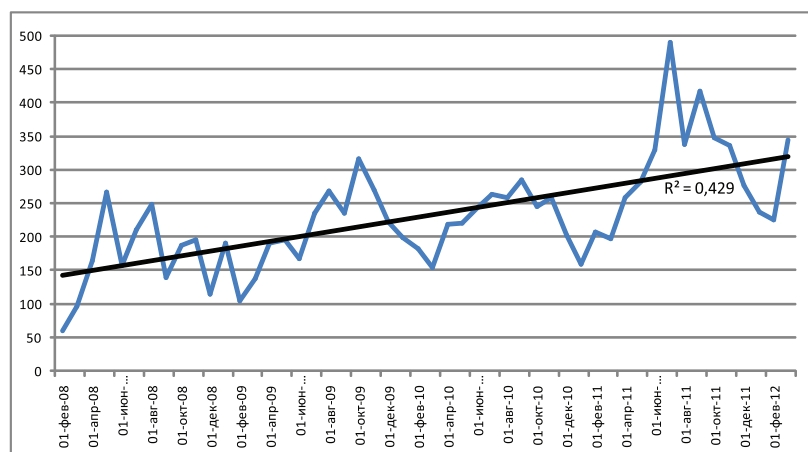


Рисунок 1. Распределение заявок во времени

этих данных позволяет утверждать, что они представляют собой репрезентативную выборку, обеспечивающую требуемый уровень достоверности полученных результатов.

### 1 Анализ распределения заявок во времени

На рисунке 1 приведен временной ряд количества поступающих заявок на ТП в месяц.

Очевидно, что со временем количество заявок растёт линейно, однако коэффициент детерминации имеет очень малое значение, что не даёт возможности определить параметры функции, отражающей эту зависимость. Из рисунка 1 видно, что отклонения от тренда носят периодический характер с периодом в один год. Для проверки данного утверждения построен график скользящей средней и оценены колебания относительно нее. Полученные в результате кривые показывают высокую степень корреляции с линейным и синусоидальными трендами

соответственно, что позволяет описать зависимость количества заявок от времени следующим образом:

$$Z(m) = a_{m1} \cdot m + a_{m2} \sin((m-1)/6 \cdot \pi - \pi/2) + b_{m1}, \quad (1)$$

где  $m=1, 2, \dots$  – номер месяца, начиная с января 2008 года.

Методом корреляционного анализа были определены коэффициенты функциональной зависимости (1), что иллюстрирует таблица 1.

Из таблицы 1 следует, что все значения являются достоверными по критерию Стьюдента с вероятностью ошибки менее 5%. Расчетное значение коэффициента Фишера –  $F = 56,73$ , что больше табличного значения, равного 3,16. Эти результаты позволяют утверждать о достоверности и адекватности предложенной модели (1) с вероятностью ошибки менее 5%. Что иллюстрирует рисунок 2.

### 2. Анализ интенсивности потока заявок в день

Для модели в виде СМО квант в

Таблица 1.

Результаты корреляционного анализа

Коэффициенты	Среднее	Стандартное отклонение	$t_{расч}$	$t_{табл}$
$a_{m1}$	3,739395	0,436587	8,56507	2,009575
$a_{m2}$	58,64308	8,791184	6,67067	2,009575
$b_m$	137,894	12,78233	10,78786	2,009575
Коэффициент корреляции R	0,84089	0,078943	10,65186	2,009575

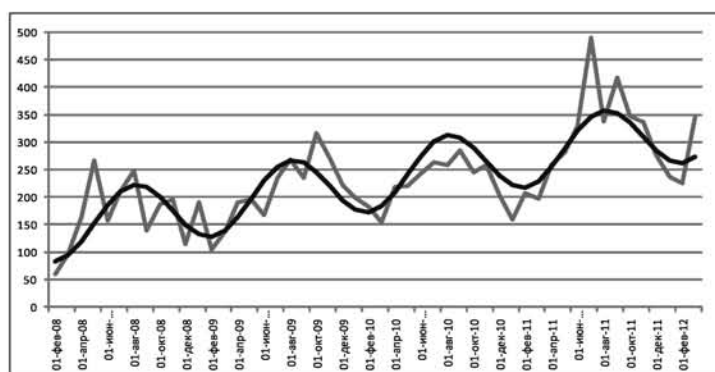


Рисунок 2. Сравнение фактических данных с модельными

Таблица 2.

Результаты корреляционного анализа

	Среднее	Стандартное отклонение	$t_{расч}$	$t_{табл}$
$a_{d1}$	0,1761	0,0204	8,6531	2,009575
$a_{d2}$	2,0848	0,4205	4,9577	2,009575
$b_d$	6,6933	0,6072	11,0238	2,009575
Коэффициент корреляции R	0,8145	0,0837	9,7273	2,009575

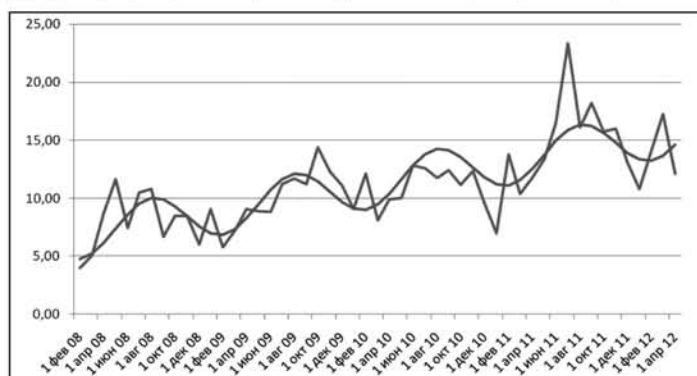


Рисунок 3. Сравнение фактических данных с модельными

один месяц не позволяет адекватно планировать деятельность. Экспертный опрос показал, что приемлемым с точки зрения решаемой задачи квантом времени является один рабочий день.

Предположим, что зависимость среднего числа (интенсивности потока) заявок в день в каждом месяце определяется выражением (2), аналогичным выражению (1):

$$\lambda(m) = a_{d1} \cdot m + a_{d2} \cdot \sin((m-1)/6 \cdot \pi - \pi/2) + b_d, \quad (2)$$

где  $m=1,2,\dots$  – номер месяца, начиная с января 2008 года.

Методом корреляционного анализа были определены коэффициенты функциональной зависимости (2), что иллюстрирует таблица 2.

Из таблицы 2 следует, что все значения являются достоверными по критерию Стьюдента с вероятностью ошибки менее 5%. Расчетное значение коэффициента Фишера –  $F = 47,31$ , что больше табличного значения, рав-

ного 3,16. Эти результаты позволяют утверждать о достоверности и адекватности предложенной модели (2) с вероятностью ошибки менее 5%. Что иллюстрирует рисунок 3.

Предположим, что поток заявок на ТП является ординарным без последствий, не стационарным в течение года, но стационарным в течение месяца, т.е. является потоком Пуассона. В этом случае величина стандартного отклонения от интенсивности потока и средняя интенсивность потока должны быть равны [2].

Для проверки этого условия в каждом месяце временного ряда была оценена вероятность того, что фактическое распределение соответствует теоретическому по критерию  $\chi^2$ . В качестве параметров теоретического распределения использовались расчетная интенсивность (2) с равной ей величиной стандартного отклонения. Среднее значение вероятности по критерию  $\chi^2$  равно  $0,9324 \pm 0,1404$ , что означает: для абсолютного большинства периодов временного ряда вероятность несовпадения фактического и теоретического распределений не превышает 10%.

Для проверки достоверности модели определим количество заявок в месяце:

$$Z(m) = \lambda(m) \cdot t(m), \quad (3)$$

где  $Z(m)$  – количество заявок в месяце  $m$ ,  $\lambda(m)$  – интенсивность (количество) заявок в день в месяце  $m$ ;  $t(m)$  – количество рабочих дней в месяце  $m$ .

Коэффициент корреляции между фактическим количеством и расчетным (рисунок 4)  $R=0,8414$  и относительное среднеквадратичное отклонение, не превышающее 20%, говорят о высокой степени достоверности предложенных моделей (2) и (3).

### 3 Анализ распределения заявок по группам

Для эффективного планирования БП ТП необходимо учитывать не только общее количество заявок, но и их распределение по тем или иным группам, поскольку в принадлежность группе определяет время исполнения [1, 3]. Классификационными признаками группы являются категория заявителя и заявленная мощность [3].

Распределение заявок по категориям заявителей иллюстрирует таблица 3. Основную долю составляют заявки физических лиц, малых и средних пред-



приятый, причём долю заявок каждой группы можно считать постоянной.

Результаты проверки выборки по критерию Стюдента позволяют сделать вывод о том, что с точки зрения математической статистики достоверными являются значения для физических лиц, малых и средних предприятий.

Распределение заявок по заявленной мощности иллюстрируют таблица 4.

Результаты проверки выборки по критерию Стюдента позволяют сделать вывод о том, что достоверной можно считать долю заявок с заявленной мощностью менее 15 кВт.

На основании полученных результатов целесообразно выделить две группы заявок с заявленной мощностью менее 15 кВт: физические лица, малые и средние предприятия (таблица 5).

Приведенные в таблице 5 результаты говорят о достоверности по критерию Стюдента вклада заявок указанных групп в общий поток.

#### Выводы

Таким образом, в общем потоке заявок, подчиненному закону Пуассона, выделяются следующие потоки:

поток S1 – заявки физических лиц с заявленной мощностью менее 15 кВт; доля – 71,62%; модель – поток Пуассона с интенсивностью  $\hat{=}(m)=0,7162 \cdot \lambda(m)$ ;

поток S2 – заявки физических лиц с заявленной мощностью более 15 кВт; доля – 1,9% (73,52–71,62); модель – поток Эрланга 53 порядка с интенсивностью  $\hat{=}(2(m))= \hat{=}(m)$ ;

поток S3 – заявки малых и средних предприятий с заявленной мощностью менее 15 кВт; доля – 14,03%; модель – поток Эрланга 7 порядка с интенсивностью  $\hat{=}(3(m))= \hat{=}(m)$ ;

поток S4 – заявки малых и средних предприятий с заявленной мощностью более 15 кВт; доля – 5,21% (19,24–14,03); модель – поток Эрланга 19 порядка с интенсивностью  $\hat{=}(4(m))= \hat{=}(m)$ ;

поток S5 – прочие заявки с заявленной мощностью менее 15 кВт; доля – 5,68% (91,33–71,62–14,03); модель – поток Эрланга 18 порядка с интенсивностью  $\hat{=}(5(m))= \hat{=}(m)$ ;

поток S6 – прочие заявки с заявленной мощностью более 15 кВт; доля – 1,56% (100–91,33–1,9–5,21); модель – поток Эрланга 64 порядка с интенсивностью  $\hat{=}(6(m))= \hat{=}(m)$ .

В итоге, поставленная в работе задача

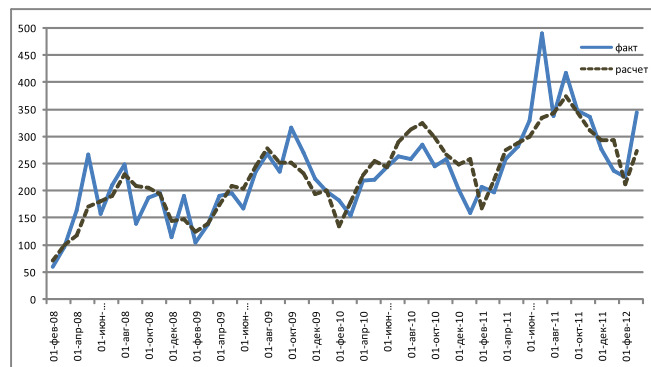


Рисунок 4. Сравнение фактических данных с модельными

Распределение заявок по группам

	Среднее	Стандартное отклонение	$t_{расч}$	$t_{табл}$
Физические лица	73,52%	6,906%	10,65	2,009575
Малые и средние предприятия	19,24%	6,478%	2,97	2,009575
Крупные предприятия	0,27%	0,455%	0,60	2,009575
Сельское хозяйство	0,59%	0,574%	1,03	2,009575
Сетевые компании	0,04%	0,139%	0,32	2,009575
Муниципальные предприятия	6,34%	3,515%	1,80	2,009575

Таблица 3.

Распределение заявок по заявленной мощности

Заявленная мощность	Среднее	Стандартное отклонение	$t_{расч}$	$t_{табл}$
<15 кВт	91,33%	6,381%	14,31	2,009575
15-100 кВт	6,16%	4,284%	1,44	2,009575
>100 кВт	2,51%	2,496%	1,00	2,009575

Таблица 4.

Распределение заявок по категориям заявителей и заявленной мощности

Группа	Среднее	Стандартное отклонение	$t_{расч}$	$t_{табл}$
Физические лица с заявленной мощностью <15кВт	71,62%	7,745%	9,25	2,009575
Малые и средние предприятия с заявленной мощностью <15кВт	14,03%	5,289%	2,65	2,009575

Таблица 5.

решена: определены модели потока заявок различных групп, что дает возможность получить численные показатели БП ТП, моделируемые с помощью СМО.

#### Литература:

1. Денисов А.Р. Синтез и анализ модели «как есть» бизнес-процесса «Технологическое присоединение к электрическим сетям» / А.Р. Денисов, М.Г. Левин, А.В. Рыбинский, Т.Н. Некрасова // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2012. – №1.
2. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок; пер. с англ. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – М.:

Машиностроение, 1979. – 432 с.

3. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 г. № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям» (в действующей редакции).

Ignatova A.M., assistant lecturer  
Ignatov M.N., Dr. of technical sciences, prof.  
Perm National Research Polytechnic University, Russia

Conference participants,  
National championship in scientific analytics  
Open European and Asian research analytics championship

Natural stone - is a unique material, which is the standard combination of durability, reliability and beauty. Therefore, natural stone is still popular, along with modern synthetic materials, especially at a time when important aesthetic qualities.

A variety of patterns and textures of natural stone provides petrochemical processes that occur in the magma at the stage of formation of rocks. To form the texture of the stone the most important process is the separation of the melt to separate liquid phases. These phases differ in density, composition, color, shape, mineral aggregates, etc.

The role of magmas in the formation of bundles of macro- and micro-structure of the rocks has been evaluated recently. In chemistry, the existence of two immiscible liquids of different densities has long been known, the simplest example of such a system of "oil-water." At the end of the XIX century. The view emerged that immiscibility may be present in the molten silicate magma, this phenomenon is called "phase separation" or "liquation differentiation" [1]. Study of this phenomenon and its influence on the formation of the rocks studied by well-known foreign and domestic scholars like Levinson-Lessing, Bowen and Greig [2,3]. The main directions of the discussion around the phenomenon of phase separation, there were two: whether it exists and if there is any rock may result from this process. Much less attention is paid to the crystallization of silicate melt stratified rocks. It was believed that each of the liquid phases crystallize separately, suggesting that these processes occur in parallel [4].

With the development of research techniques, it was shown that phase separation is present in some granites, basalts, as well as in lunar rocks [5]. It was found that the

## LIQUATION DIFFERENTIATION AND INTERACTION OF LIQUID PHASES IN SYNTHETIC MINERAL ALLOYS MELTS

effect of stratification is present in virtually all glass and many other synthetic silicate melts. The phenomenon of phase separation is most effective in the study of synthetic materials. Of all the materials that separate into two liquid phases, synthetic mineral alloys are most similar to the rocks [6].

Synthetic mineral alloys (siminals) - a type of petrological materials obtained by crystallization of molten rock, or various waste products of basic and ultra basic character. Siminals - it is also a material obtained by the relaxation of physical and chemical processes associated with the cooling of the melt produced by oxide mixture with a high concentration of silica.

Siminals structure is a combination of crystalline aggregates, ranging in size from 100 nm to 800 microns, and an amorphous glassy phase with nanoscale nucleation.

Earlier phase separation siminals not investigated because it was believed that the phenomenon of immiscibility exists only at high temperatures, and hence, by the time of crystallization, even if there was segregation, the melt becomes homogeneous state. We believe that the liquid phase in the melt siminals certainly interact, as well moistened with each other. The study of the crystallization of silicate melts from the separated state, taking into account the interaction between the phases is an urgent task. The solution to this problem will manage the processes of phase separation in order to achieve certain properties siminals, including aesthetic.

The purpose of this study is to examine the interaction of fiber in the melt phase during crystallization siminals.

The phenomenon of phase separation in the melts siminals was first discovered in the industrial manufacture of products from them for stone casting technology. Watching the process, the engineers found that by pouring superheated melt products are highly fragile. On the cleaved products such visible banded structure. The shape and distribution of contrasting bands of repeating the direction of flow of melt in the mold. This texture is called "tree". Since the phenomenon of

phase separation led to the marriage of products, the only focus of his study was to identify the conditions under which it can not arise. Once these conditions are found in practice, research on this matter have ceased.

In the works of Fenner [7] notes that melt into fibers when the system loses its balance. The melt can lose your balance when lowering the temperature or the temperature drops and the simultaneous crystallization.

Therefore, segregation can be stable and metastable [8]. Recognized as a stable one that occurs before the liquidus and the metastable one which occurs in the interval between the liquidus and solidus. In practice, most siminals production is a metastable phase separation.

In the works of American Scientists Rutherford and Hoffman [9,10], noted that the allocation of droplets of one liquid in another, a further change in composition of these fluids depends on the diffusion of elements in both melts and the surface phase sections. This process is similar to the processes of nucleation and crystallization of solid solutions from the melt, but the rate is much higher, as occurs in fluid.

Visually segregation in siminals has banded texture on the macro - and micro - level (Fig. 1), since the melt siminals dynamically positioned (poured into a mold).

Liquation siminals texture can be described as a mass matrix are areas with very different composition and structure.

In 1987 E. Roeder [11], a famous scholar of lunar rocks, explained a clear selectivity, because of the growing crystal is a two-phase melt inclusions in the form captures that fluid, which strongly differs from it in composition, since the components of the second liquid consumed with growth.

Therefore, the phase separation in siminals is not a process parallel to the crystallization of two liquid phases, and the process of combating a specific mineral phases for the "Leadership", a kind of "expansion".

Since the beginning of deposition of droplets of one phase relative to the other, immediately begins a rapid exchange of

elements. One phase is the one whose free energy at the surface above begins to actively grow at the expense of pumping from the other siblings, capturing some parts of "donor" phase.

However, the images obtained by optical microscopy revealed the presence of not two components, and three. As already mentioned, the phase separation in the metastable siminals has character, that is, at the time of separation in the melt is already present, and even crystal nucleation in the initial stages of growth. Nucleation and crystal nuclei are formed by the phases, the melting point of which the most high. Previous studies of phase composition siminals with phase separation [12] showed that, in their present diopside, augite, aegirine, and quartz (Fig. 2). Moreover, the composition of diopside  $(\text{Na}_5\text{Ca}_5)(\text{Cr}_5 \text{ Mg}_5)\text{Si}(\text{Al})_2\text{O}_6$ , the concentration of chromium in siminals low, about 5-6%, so it is obvious that the first nucleation will be the nucleation of diopside. However, their growth will be limited due to the low concentration of chromium in the melt. The refore, nucleation of diopside can develop into a small chip located at a large distance from each other.

Nucleation of diopside are "mechanical modifiers", they acquire a phase close to the augite  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Al}^{3+})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6]$ . As the crystallization of augite captures a small drop of "donor" phase, which is a mixture of quartz and aegirine, aegirine part of a mixture of quartz and solidifies in amorphous glassy state.

In support of the above-described sequence of crystallization processes are images (Fig. 3) and the results of spectral microprobe analysis (Table 1) obtained by electron microscopy. Scanning electron microscopy and microprobe analysis performed at the facility JSM-6390LV.

When taking the sample surface in the modes of chemical and topographical contrasts revealed that the theoretical assumption made above is confirmed.

Consider the images of the same plot. In Fig. 4, and the image that takes into account the chemical contrast, and Fig. 4b - topography. Lots of diopside, which are in stark contrast to the chemical composition, almost not detectable visually on the topography. From this we can conclude that they are in the surrounding augite formations. Augite is strongly distinguished from the height of the relief of that part which is a

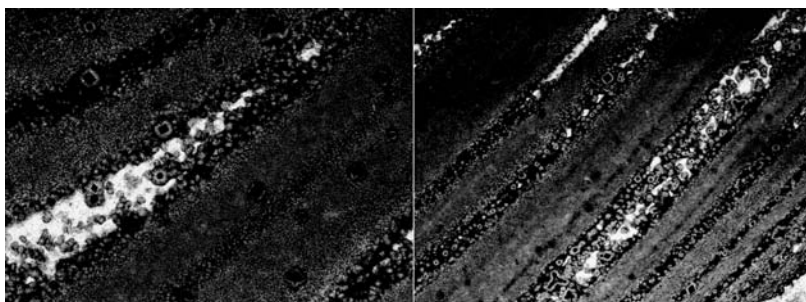


Fig. 1. Siminals structure with the addition of chromite in the charge, an optical microscope, x100 (nicols crossed)

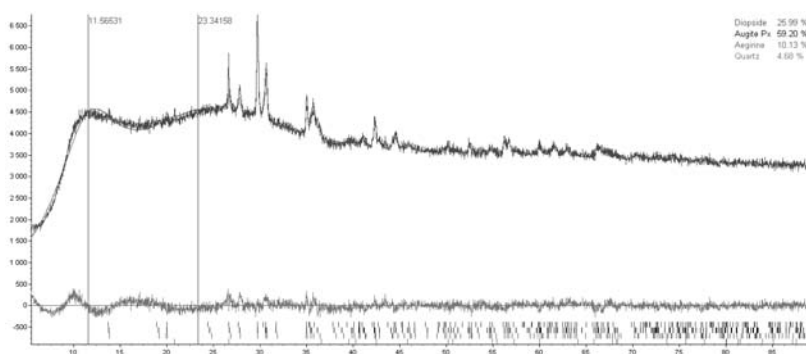


Fig. 2. Diffractogram of the sample siminals a fixed state of phase separation

Table 1

The composition of the elements at the points of the spectral analysis

The point of the analysis	The content of the element, %										
	O	Mg	Al	Si	Ti	V	Cr	Fe	Na	K	Ca
spectrum 1	40,63	5,33	6,12	27,08	0,89	-	0,24	10,32	0,86	0,28	8,36
spectrum 4	13,82	4,28	3,43	0,34	0,45	0,4	54,16	23,14	-	-	-
spectrum 5	46,57	5,55	5,79	25,52	0,78	-	-	7,75	1,01	0,19	6,84

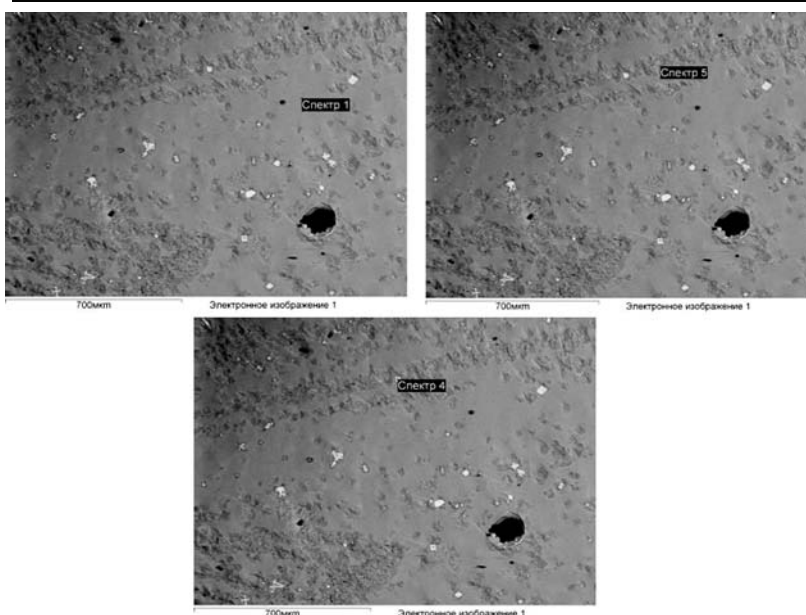


Fig. 3. Image of the surface of the samples obtained by scanning electron microscopy, indicating the points of spectral analysis

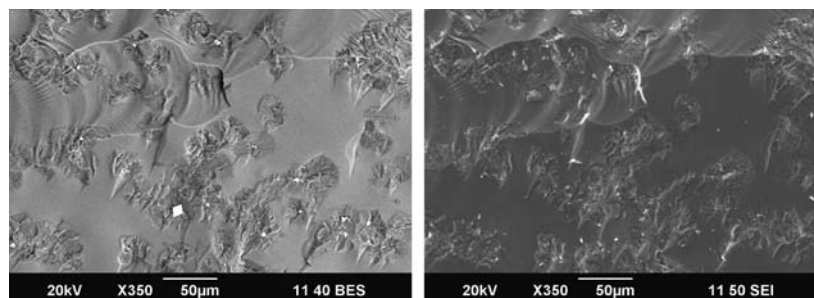


Fig. 4. Image of the surface area of a sample surface at different shooting modes for electron microscopy: a - a chemical contrast, b - topographical contrast

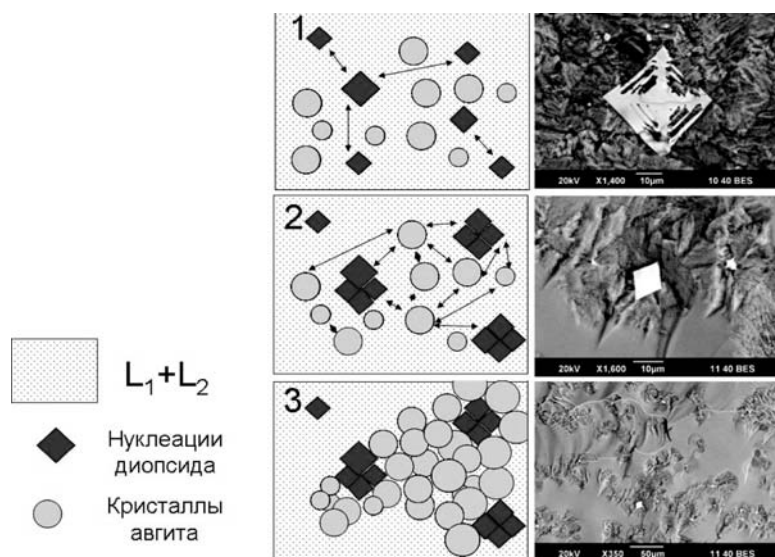


Fig. 6. The order of crystallization siminals of the two-phase fluid: a - scheme, b - electron microscopy images illustrating the pattern

mixture of quartz and aegirine (it hardens partially amorphous state, according to the fracture, Fig. 5).

It turns out that, in a metastable state, without regard to hetero- and homogeneous nucleation, is a selective capture of one liquid phase, the other liquid phase. An exciting phase has the form of drop-shaped inclusions, and exciting distributed among them in the form of worm-like structures. We can say that the relaxation processes in the crystallization of the melt phase separation take place successfully in some phases, but in general the complete relaxation occurs.

The successive stages of crystallization of the two-phase liquid melt siminals we presented graphically in Fig. 6, and the most indicative and reinforced our view of electron microscopy images (Fig. 6b).

Thus, thanks to the research found that in general the whole process of structure formation of the two-phase melt siminals can be characterized as a process

catalyzed exchange of items between the two phases on the basis of the basicity in the crystallization conditions. As a result, one of the other fluids trapped as inclusions, there are areas with a chaotic distribution of components and atypical morphology, which follows the shape of one of the two-phase melt of liquid phases. This allows further, using the installed feature, to manage the process of phase separation of silicate melts, predicting the composition of the liquid phases, the nature of their interaction at different stages, and hence to achieve a certain color contrast of these phases, the amount of layers to separate them in the solid state and thus does not mimic the natural beauty and harmony of stone and reach her, driving petrochemical reactions in the melt.

## References:

1. Becker G.F., Some queries on rock differentiation, *Am. J. Sci.*, 3, 21-40, 1897.
2. Levinson-Lessing F. Ju., Petrografija,

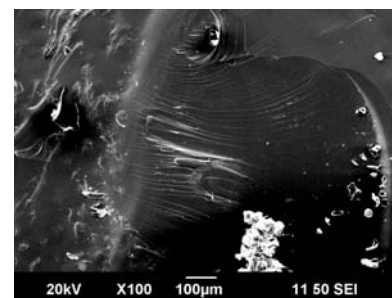


Fig. 5. The site of fracture on the surface of the hardened area in the amorphous-glassy state

5 izd., Magma — L., 1940

3. P. I. Lebedev. Akademik F. Ju. Levinson-Lessing kak teoretik petrografii Izd-vo Akademii Nauk SSSR, M.-L., 1947 g.

4. Redder Je. Likvacija silikatnyh magn // *Jevoljucija izverzhennyh porod / Pod red X. Jodera.* - M.: Mir. 1983. S. 24-67.

5. Roedder E., Weibien P.W. Lunar petrology of silicate melt inclusions, Apollo 11 rocks// *Proceedings of the Apollo 11 lunar science conference. V. 1 (Mineralogy and petrology).* Pergamon Press, 1970. P. 801-837.

6. Ignatova A.M. Priroda likvacionnyh javlenij v sinteticheskikh rasplavah kamennogo lit'ja// *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya.* - №8, 2010. — s. 22-23.

7. Fenner S.N., The crystallization of basalts. *Am. J. Sci.*, 18, 225-253, 1929.

8. Martin B., Kushiro I. Immiscibility synthesis as an indicator of cooling rates of basalts // *Volcanol. Geothermal Res.* 1991. - 45. - P. 289-310.

9. Hess P.C., Rutherford M.J., Guillemette R.N., Reyson F.J., Tuchfeld H.A., Residual products of fractional crystallization of lunar magmas: An experimental study, *Proc. Sixth Lunar Sci. Conf., Geochim. Cosmo. Acta Suppl.*, 6, 1-895-909/

10. Hoffmann A.W., Diffusion of ca and Sr in a basalt system, *Carnegie Institution of Washington Year Book* 74, for 1974-1975, 183-189, 1975.

11. Redder Edwin, The role of liquid immiscibility in igneous petrogenesis: a discussion, *J. Geology*, 64, 84-88. 1956.

12. Ignatova A.M., Nikolaev M.M., Hanov A.M., Chernov V.P. Issledovanie i razrabotka osnovnyh pravil upravleniya strukturnym mirom silikatov i tehnologij poluchenija steklokristallicheskogo i sljudokristallicheskogo kamennogo lit'ja. — *Materialy XLVII MNSK «Student i nauchno-tehnicheskij progress», sekcija: «Himija»* — Novosibirsk: NGU, 2009. — s.161.



Исаева Л. Е.,  
канд. хим. наук, доцент  
Лев И. Е.,  
д-р техн. наук, проф.  
Национальная  
металлургическая  
академия Украины,  
Украина  
Шипицын С. Я.,  
д-р техн. наук, зав. отделом  
Физико-технологический  
институт металлов  
и сплавов, Украина

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике,  
Открытого  
Европейско-Азиатского  
первенства по научной  
аналитике

Исследование эффективности и механизма дисперсионного упрочнения кавитационностойкой Cr-Mn-V-N-стали нового поколения со стабильным аустенитом для высокотемпературной теплоэнергетики показало [1], что кроме наноразмерных некогерентных частиц основной упрочняющей фазы

VN, в стали 17X15Г19АФ, содержащей (масс.%): 0,17C; 0,08Si; 18,97Mn; 14,89Cr; 0,223N; 0,32V; 0,045Al; 0,011S; 0,013P, в зависимости от температуры старения, образуются и другие фазы. Их количество и химические составы были определены путем электрохимического растворения металлической основы [2], с последующим химическим и рентгенофазовым анализом [3].

С целью приближения системы к равновесию, по данным [4] о влиянии температуры старения на скорость выделения частиц VN в Cr-Ni аустените, установили длительность изотермического нагрева, которая для отдельных образцов составила: ч. (при температурах, °C) 2(1200); 4(1100); 6(1000); 10(900); 20(800); 30(700). По содержанию элементов в электролитических осадках и литературным данным о формировании возможных фаз в аустенитных Cr-Mn-V-N-сталях определили фазовый состав стали в зависимости от температуры старения (рис 1).

\* Продолжение исследований опубликованных в сборнике материалов XXIV Международной научно-практической конференции и первого этапа первенства по научной аналитике в физических, математи-

## СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В КАВИТАЦИОННОСТОЙКИХ CR- MN-V-N-СТАЛЯХ\*

*Исследована эффективность дисперсионного упрочнения кавитационностойких Cr-Mn-V-N-сталей нового поколения со стабильным аустенитом. Определены фазы и структуры, образующиеся при отжиге образцов в интервале 700-12000 С. Показано, что общий уровень кавитационной стойкости стали с нестабильным аустенитом значительно ниже, чем со стабильным аустенитом.*

**Ключевые слова:** аустенитная сталь, фаза, структура, дисперсионное упрочнение, кавитационная стойкость

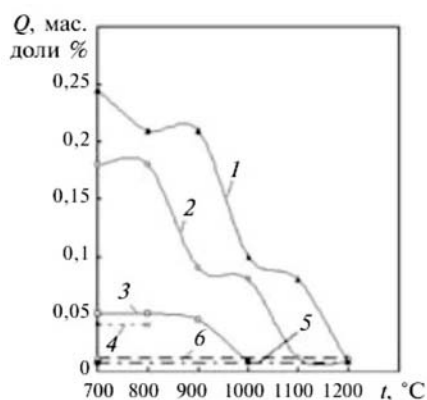


Рис. 1. Влияние температуры старения на количество Q неметаллических фаз: Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> (1), VN (2), Cr<sub>2</sub>N (3), Mn<sub>4</sub>N (Mn<sub>4</sub>N, Mn<sub>2</sub>N, Mn<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) (6), AlN (5), MnS (6) в стали 17X14Г19АФ

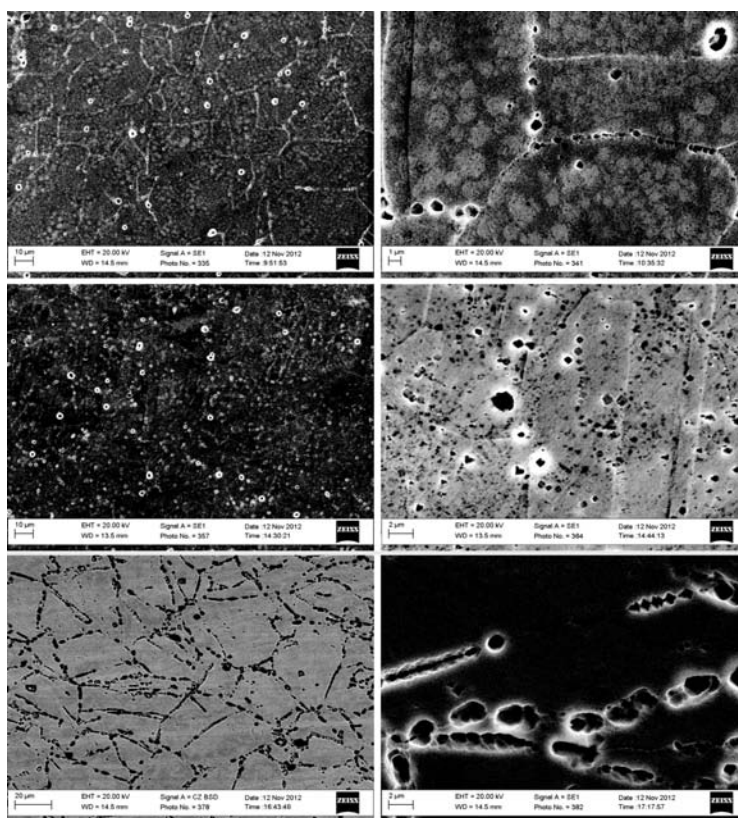
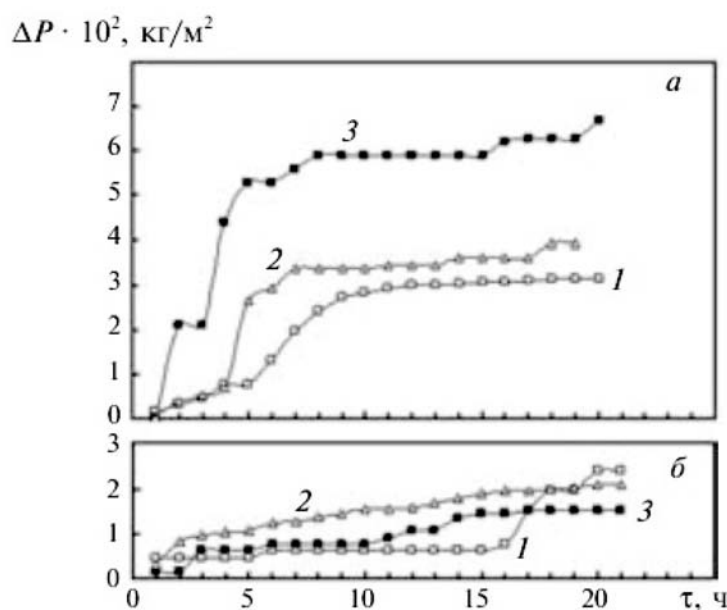


Рис.2. Микроструктуры исследованных сталей а, б – 2ч. (1200°C); в, г – 30ч. (700 °C); д, е – 10ч. (900 °C); при увеличении а, в, д – 1500; б, г, е – 10000.





**Рис.3. Потеря массы  $\Delta P$  образцов в зависимости от продолжительности  $\tau$  испытаний на кавитационную стойкость. а – сталь 17X14Г14АФ; б – 17X15Г19АФ. Упрочнение аустенита: 1 – твердорастворное (гомогенизация при 1200 оС); 2 – комплексное (старение при 900 оС); 3 – дисперсионное (старение при 700 оС)**

ческих и технических науках. Лондон, 3-13 мая 2012 г., С.86-89.

Согласно полученным данным, двухчасовая гомогенизация при 1200°С с закалкой в воде обеспечивает практически гомогенное состояние матрицы; т.е. только ее твердорастворимое упрочнение С, N, V, Cr. Кроме крупных овальных включений на основе Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в структуре на границах первичных зерен присутствует AlN и MnS (Рис.2.а, б).

Старение при 700°С обеспечивает в основном внутризеренное дисперсионное упрочнение нитридами ванадия размером до 40нм в количестве 18%. Несмотря на большое массовое количество в этом образце Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, их влияние на дисперсионное упроч-

нение неэффективно, вследствие их размеров до нескольких микрометров и выделения их по границам аустенитного зерна и в двойниках (Рис.2 д, е).

При старении при 900-1000°С массовая доля частиц VN составляет ~50% от их количества при старении при 700°С, что обеспечивает комплексное твердорастворное и дисперсионное упрочнение аустенита. (Рис.2 в, г).

Кавитационную стойкость образцов исследованных сталей определяли магнитострикционным методом на установке УЗДН-2т в водопроводной воде при комнатной температуре и частоте колебаний 22кГц по убыли массы  $\Delta P \cdot 10^2$ , кг/м<sup>2</sup> (Рис.3).

**Таблица.**

**Изменение твердости образцов после деформационного упрочнения и дальнейшего отпуска при 300 °С – 2 часа.**

Сталь	Термическая обработка	Твердость, НВ		
		перед отпуском	после отпуска	уменьшение твердости
17X14Г14АФ	гомогенизация 1200 °С	310	277	33
	старение 900 °С	290	258	32
	старение 700 °С	290	282	8
17X15Г19АФ	гомогенизация 1200 °С	260	243	17
	старение 900 °С	270	261	9
	старение 700 °С	300	297	3

Для сравнения, определяли кавитационную стойкость и в аустенитной стали с нестабильным аустенитом (17X14Г14АФ), которая применяется в настоящее время. Потеря массы после 20ч испытаний составила таблица при твердорастворном / комплексном / дисперсионном упрочнении аустенита 2,8 / 3,4 / 6,5 и 2,3 / 1,9 / 1,5 (для сталей 17X14Г14АФ с нестабильным аустенитом) и 17X15Г19АФ соответственно.

Видно, что общий уровень кавитационной стойкости стали с нестабильным аустенитом заметно ниже, чем стали со стабильным аустенитом, кроме того, в первой замена твердорастворного упрочнения аустенита на дисперсионное приводит к существенному снижению кавитационной стойкости, а во второй, наоборот, повышает. Это согласуется с данными о влиянии вида упрочнения аустенита на степень и механизм деформационного упрочнения.

Важное преимущество деформационного упрочнения по дислокационному механизму – его повышенная тепловая стабильность что, бесспорно, делает стали типа 17X15Г19АФ с дисперсионным упрочнением более приемлемыми для теплоэнергетики.

## Литература:

1. Isayeva L., Shypitsyn S.Y., Lev I.Ye. The formation of nitride and carbide phases under dispersion hardening of Cr-Mn-V-N austenitic steels // Theory and practice in the physical, mathematical and technical sciences, 2012. P.86-89/
2. Исаева Л.Е., Грещик А.М., Лев И.Е. Исследование процесса изолирования нитридов молибдена из сталей // Вопросы химии и химической технологии. Общегосударственный научно-технический журнал. Днепрпетровск. 2005. № 1. С.163-167.
3. Лев И.Е., Покидышев В.В., Лазарев Б.Г., Мицкевич Н.С. Анализ азотсодержащих соединений в сплавах железа. М.Металлургия. 1987. 120с.
4. Бабаскин Ю.З., Шипицин С.Я., Кирчу И.Ф. Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой. – Киев: Наукова думка, 2005. – 371с.

Кабенов Д.И.,  
PhD, докторант  
Разахова Б.Ш. канд. техн.  
наук, доцент  
Сатыбалдина Д.Ж., канд.  
физ.-мат.наук, PhD доктор  
Муратхан Р.,  
PhD, докторант  
Евразийский  
национальный  
университета  
им Л.Н. Гумилева,  
Казахстан

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике,  
Открытого Европейско-Азиат-  
ского первенства  
по научной аналитике

## МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

*В этой статье предлагается основа для проектирования и разработки интеллектуальной информационной системы контроля знаний. Использование традиционных тестов предполагает выбор ответов на базе нечеткой логики. Предполагается использовать их должным образом только в случае строго формально задаваемых вопросов. Это приводит к совершенно простым вопросам. Но приобретение знания включает в себя не только (и не столько) запоминание априорных подлинных фактов, но способность понимания общих явлений, тенденций. Для управления этим знанием "открытые" (без вариантов ответа) тестовые задания являются более эффективными. В этой работе мы представили подход анализа текста основанного на онтологии для автоматической оценки ответов студента на естественном языке (казахский язык). Использование интеллектуальных алгоритмов может также быстро менять систему оценки и контрольной схемы, что значительно улучшает качество и скорость тестирования.*

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, онтология, анализ текста, контроль знаний, системы тестирования

### 1 Введение

Успешное электронное обучение происходит в рамках комплексной системы, которая объединяет инструменты для создания электронных учебных материалов, подсистемы контроля знаний и подсистем для поддержки учебного процесса. Кроме того, практикующая кредитно-модульная система организации учебного процесса делает разработку эффективных средств контроля знаний студентов важным. Исследовательский анализ этой проблемы показывает тенденцию расширения использования тестов в качестве инструмента оценки качества изучаемого материала [1]. Основным преимуществом компьютерных тестов является возможность задать всем студентам в равных условиях вопросы и в соответствии со шкалой равных оценок. Это повышает объективность контроля знаний по сравнению с традиционными методами.

В настоящее время существует множество систем тестирования в различных областях знаний, например OLAT [2] Moodle [3], Sakai [4] и Authorware [5]. Большинство из этих инструментов обеспечивает возможность создания мультимедийных тестов, тестирование для традиционного обучения и электронного обучения, сохранения и передачи результатов учителю для управления пользователями и учебными группами.

С другой стороны, использование традиционных тестов предлагает выбор ответов (и их оценки, соответственно)

на основе двухпозиционной логики [1]. Это приводит к совершенно простой формулировке вопроса, которые "лежат на поверхности". Для "открытого" контроля знаний вопросы (без предложенных вариантов ответов) являются более эффективными. Тем не менее, адекватная автоматическая проверка ответов на вопросы этого типа является трудной задачей. Шаблоны ответов в виде стандартных выражений не в состоянии принять во внимание разнообразие присущее родному языку. Кроме того, требуется автоматическое обнаружение случайных ошибок (опечаток, типографических ошибок), и правописания.

Для того, чтобы облегчить недостаток тестового контроля знаний в этой статье мы предлагаем применение методов искусственного интеллекта и средств, в частности, онтологической инженерии. Описание основного знания онтологии Планиметрия представлено в статье. Классы понятий, их структура и свойства определены. Список использованной информации и характеристик продукции учтены.

Для текстов геометрического решения задач онтологическое описание ситуаций представлено в результате преобразования и оценки структуры концепции. Показано, что анализ текста на основе онтологий может открыть "анатомию" подготовки правильного ответа, который может быть использован при анализе ответов студентов и поиске именно того момента, который вызвал трудности в их рассу-

ждениях.

Результаты исследования могут быть использованы при создании интеллектуальных систем тестирования при обработке казахского языка. Предлагаемая концепция системы тестирования позволяет использовать результаты интеллектуальной оценки уровня пользователя и предоставляет набор тестов, приспособленных к уровню подготовки теста. Система распределяет вопросы по сложности, основываясь на данных, полученных в ходе тестирования. Это дает возможность построения адаптивных тестов, которые не требуют коррекции на уровне пользователей.

Работа организована следующим образом. Раздел 2 описывает соответствующую работу. В разделе 3 мы проводим Планиметрическую онтологию. Раздел 4 описывает систему тестирования предлагаемой концепции, основанной на анализе текста, основанного на онтологии. Мы заканчиваем с некоторыми выводами и дальнейшей работой в разделе 5.

### 2 Связанные работы

#### 2.1 Автоматизированная проверка знаний

Для многих стран, электронное обучение ценится и используется в качестве движущей силы для ускорения технического, промышленного и экономического развития общества. Как предмет исследования, электронное обучение является мультидисциплинарным и междисциплинарным и охватывает широкий

спектр научно-исследовательских тем с учеными по различным дисциплинам, проводящими электронное обучение соответствующих исследований, начиная от проекта содержания и до соответствующей стратегии. Продольные тенденции исследования электронного обучения с использованием методов интеллектуального анализа текста, описаны в [6]. Авторы анализируют значительное число научно-исследовательских работ и предоставляют полезную информацию для исследования электронного обучения на ранних стадиях и акцент смещается от вопросов эффективности электронного обучения до преподавания и обучения.

Текущие теории электронного обучения подчеркивают важность установленного процесса познания и персонализированное обучение [6]. Контроль знаний является интеллектуальной проблемой, требующей высокого качества решения, которые помогут выйти на новый этап в методике преподавания, так как это может дать возможность реализовать идею индивидуального подхода к обучению в массовых масштабах. Автоматизированное тестирование знаний становится очень популярным в наши дни, во-первых, потому что это экономит рабочее время учителя, освобождает его от рутинной работы и позволяет обеспечить объективную оценку знаний, результаты которых не зависят от субъективного мнения разных учителей.

В работе [7] представлена недавно разработанная компьютеризированная система конструктивного тестирования со множеством выборов. Система сочетает в себе краткий ответ (КО) и формат множества выборов (МВ), предлагая тестируемому лицу ответить на тот же вопрос дважды, сначала в формате КО, а затем в формате МВ.

В работе [8] авторы разработали программный инструмент, который позволяет подготовить тестовые вопросы и проведение тестирования с использованием любого из предлагаемых ниже типов вопросов. Описание этого программного средства и интеллектуальные алгоритмы для оценки знаний представлены в предыдущей работе авторов [9].

В работах [10, 11] описаны методы реализации механизма контроля знаний студентов с помощью теории нечетких множеств в сочетании с нейронной сетевой технологией. В работах приме-

няются некоторые серьезные улучшения в логике оценки знаний и методик интерпретации данных студенческих ответов. Представленная архитектура является типичной конфигурацией аппаратного и программного обеспечения в среде интрасети образовательных учреждений.

Анализ указанных работ показывает, что обычные линейные испытания с простыми формами ответа на этот вопрос не совсем отвечают требованиям комплексного контроля знаний студентов. Прежде всего речь идет о естественных и математических науках, особенностью которых является тесная взаимосвязь понятия, темы и разделы курса, в качестве основного критерия для обучения - умение решать задачи различного характера и уровней сложности. Поэтому требуется разработка адаптивных, нелинейных и интеллектуальных методов испытаний с более различными типами задач и формами ответа. В то же время, новые системы тестирования должны включать в себя все достижения инструментов контроля знаний предыдущих поколений.

## 2.2 Онтологии

Для того чтобы построить онтологию Планиметрии, выгоднее понять необходимость онтологии и некоторых работ, посвященных онтологии на основе анализа текста.

Онтология является явной формальной спецификацией условия в явной спецификации предмета и отношений между ними [12]. Онтологии могут использоваться в качестве средства для поддержки совместного и повторного использования знаний [13]. Это подход повторного применения основан на предположении, что если схема моделирования, т.е. онтологии, детально указана и взаимно согласована сторонами, и затем можно ею поделиться, повторно использовать и распространять знания. Во многих дисциплинах сейчас разрабатываются стандартные онтологии, которые могут использоваться экспертам в этой области для совместного использования и аннотирования информации в своей области. Методы решения задач, предметно-независимые приложения и программные агенты используют онтологии и базы знаний, построенной на данных онтологии [14].

Повторное использование существующих онтологий может быть необходима, если наша система должна будет взаимодействовать с другими приложениями, которые уже пришли к онтологиям или контролируемым словарям [14]. Существуют библиотеки повторно используемых онтологий в Интернете и в литературе, например, в библиотеке онтологий Ontolingua [15], или библиотеке онтологий DAML [16].

Потребность в онтологии связана с неспособностью существующих методов адекватно автоматически обрабатывать тексты на родном языке. Для получения высокого качества обработки текста, вы должны иметь подробное описание проблемной области с большим количеством логических связей, которые показывают связи между терминами. Использование онтологий может обработать текст на родном языке таким образом, что он станет доступным для автоматической обработки [17].

В этой работе мы развиваем онтологию Планиметрии эта онтология используется в качестве основы для автоматической проверки геометрического решения задачи. В работе [18] авторы разработали аналогичные онтологии для автоматического синтеза структурных изображений планиметрических рисунков (цифр). Мы используем некоторые понятия онтологии, полученные с согласия авторов.

## 3 Онтология Планиметрия

Онтология является формальным детальным описанием понятий в области дискурса (классов (иногда называются понятиями)), свойств каждого понятия, описывающие различные характеристики и атрибуты понятия (слотов (иногда называются ролями или свойствами)), а также ограничения на слоты (границы (иногда называемые ограничениями роли)) [14]. Онтология вместе с набором индивидуальных примеров классов представляет собой базу знаний.

Разработка онтологии включает в себя [14]:

- определение классов в онтологии,
- организация классов в таксономической (подкласс-суперкласс) иерархии,
- определение свойств и описание допустимых значений для этих свойств,
- заполнение значений свойств экземпляров.

Наша онтология состоит из трех уровней. Первый уровень содержит классы, экземпляры которого не могут быть получены из других классов. Ровная Форма Класа представляет все объекты контурных форм. Конкретные Ровные Формы - экземпляры этого класса.

Ближайшие уровни создаются с помощью процесса рассуждений, то есть с использованием блока рассуждений онтологий или через различные модули, вызываемыми ReasoningManager (менеджер рассуждения). Чем выше уровень, тем более подробна информация, например, во втором уровне многогранники классифицируются в пятиугольники или треугольники или четырехугольники, и в третьем уровне треугольники классифицируются также в прямоугольные, равнобедренные и равнобедренные треугольники (если классификация по сторонам будет учитываться см. Рисунок 1).

Если класс является суперклассом класса В, то каждый экземпляр В также является экземпляром А. Иными словами, класс В представляет собой понятие, которое является «разновидностью» А [14]. Например, каждый равнобедренный треугольник обязательно является равнобедренным треугольником. Каждый равнобедренный треугольник обязательно треугольник. Таким образом, класс равнобедренного треугольника является подклассом класса равнобедренного треугольника.

Слоты описывают свойства классов и экземпляров. Каждое свойство может быть установлено на определенное значение или формулу для расчета стоимости имущества: например, треугольник имеет стороны, имеет углы, стороны имеют длины, углы имеют степень меры. Все подклассы класса наследуют слот этого класса. С другой стороны, подклассы могут иметь свои собственные свойства. Например, равнобедренный треугольник имеет стороны, которые имеют длину, с этих двух сторон равны, а третья сторона имеет специальное название - основание (см. рис.2).

Фрагменты онтологии, в том числе структуры и свойства понятий являются основой для описания ситуации, которая определяется входными данными для решения геометрических задач. Понятия и отношения определяются

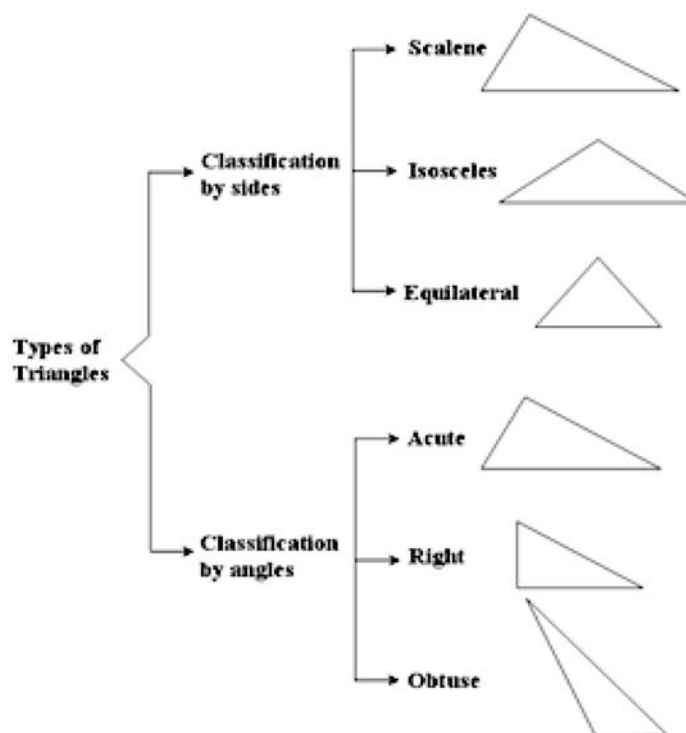


Рис. 1. Виды треугольников. Классификация по сторонам и классификация по углам.

Мы организуем классы в иерархической таксономии с вопросом, если, будучи экземпляром одного класса, то обязательно ли объект будет (то есть, по определению) экземпляром другого класса.

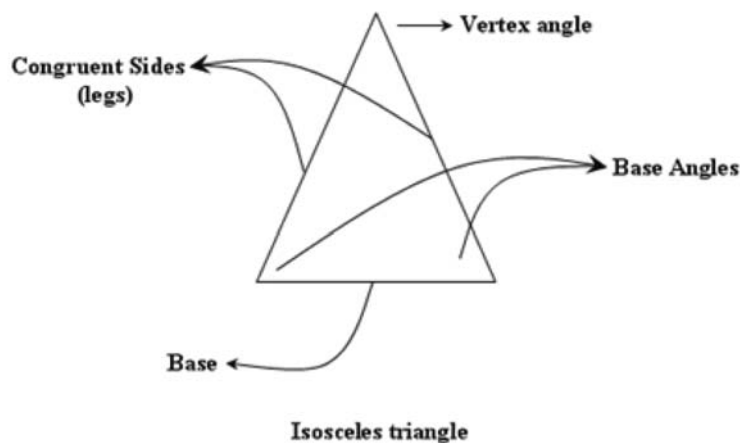


Рис. 2. Равнобедренный треугольник. Углы напротив двух равных сторон, называются углами при основании. Углы напротив основания называется углом при вершине.

входными условиями (текст геометрических задач) вводятся в дополнение к этим фрагментам онтологии.

#### 4 Предлагаемая система тестирования концепции, основанной на анализе текста на основе онтологии

По сравнению с традиционными формами обучения, электронное обучение имеет ряд преимуществ: адаптация к ин-

дивидуальным особенностям учащихся, свобода выбора времени, места и уровня образования, использования новых методов обучения, современных средств связи и передачи информации между студентами и учителями. Тем не менее, контроль знаний особенно важен в связи с отсутствием прямого контакта между студентами и преподавателями.

Организация контроля знаний тесно связана с проблемой выбора типа во-

просов, способом формирования траектории тестирования и методом проверки ответов.

Для решения этих задач мы предлагаем концепцию интеллектуальной системы тестирования на основе онтологии предметной области. Планиметрическая онтология используется в качестве онтологии предметной области.

Предлагаются следующие типы вопросов для контроля качества знаний:

- Тестовые вопросы закрытой формы, т. е. когда предлагаются вопросы с несколькими вариантами ответов, один из которых является правильным и должен быть выбран;

- Тестовые вопросы открытой формы, т. е. вопросы без предложенных вариантов ответов (такие вопросы полезные для оценки знаний терминов, определений, понятий и т.д.);

- Ситуационные испытания, то есть, набор тестовых заданий, предназначенных для решения проблемных ситуаций (геометрические задачи).

Предлагается специальный метод выбора режима траектории тестирования. тестовый набор не формируется случайными примерами из базы данных тестов. Выбор вопросов основывается на анализе ответов на предыдущие вопросы. Этот алгоритм основан на оригинальной методике выбора вопросов в соответствии с системой, соответствующей современному уровню знаний студентов [11].

Для анализа и проверки ответов студента на вопросы теста открытой форме предлагается анализ текста на основе онтологии. Описание знаний в предметной области онтологии Планиметрия было представлено в Разделе 3. Семантический анализ текста на родном языке представлен на следующем этапе.

1. Предварительно лингвистическая обработка исходного текста (морфологический и синтаксический анализ предложения) необходима для отделения терминов (классы, подклассы, свойства и отношения).

2. Формальное понимание текста как результат построения онтологической графы.

В работе были построены [19] формализованные синтаксические правила, анализ и синтез алгоритмов словосочетания и предложения на казахском языке. Результаты исследования могут быть использованы при создании интеллекту-

```
domains
polygon = triangle;
pentagon;
quadrangle
triangle=triangle1(classification_by_sides);
triangle2(classification_by_angles);
classification_by_sides=scalene;
isosceles_triangle;
equilateral_triangle
scalene=sc(sides)
isosceles_triangle=is_tr(sides)
equilateral_triangle=eq_tr(sides)
sides=sides(side_a, side_b, side_c)
side_a, side_b, side_c=real
classification_by_angles=acute_triangle;
right_triangle;
obtuse_triangle
acute_triangle=ac_tr(angles)
right_triangle=r_tr(angles)
obtuse_triangle=o_tr(angles)
angles=angles(angleA, angleB, angleC)
angleA, angleB, angleC=real
predicates
nondetermtreangle_tip(treangle,symbol)
Hence, an inference rule describing that the triangle is isosceles can be given by
treangle_tip(treangle(sides(Side_a,Side_b,Side_c),
angles(Angle_A,Angle_B,Angle_C)),Y):-Side_a=Side_b, Angle_A=Angle_B,Y=isosceles;
Side_b=Side_c,Angle_B=Angle_C,Y=isosceles;
Side_a=Side_c,Angle_A=Angle_C,Y=isosceles,!
treangle_tip(treangle(sides(Side_a,Side_b,Side_c),
angles(Angle_A,Angle_B,Angle_C)),Y):-
Side_a<>Side_b,Side_b<>Side_c,
Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,Y=scalene,!
treangle_tip(treangle(sides(Side_a,Side_b,Side_c),
angles(Angle_A,Angle_B,Angle_C)),Y):-
Side_a=Side_b, Side_b=Side_c,Y=equilateral;
Angle_A=3.14/3,Angle_B=3.14/3,
Angle_C=3.14/3, Y=equilateral.
treangle_tip(treangle(sides(Side_a,Side_b,Side_c),
angles(Angle_A,Angle_B,Angle_C)),Y):-
Angle_A<1.57,Angle_B<1.57, Angle_C<1.57,
Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,Y=acute.
treangle_tip(treangle(sides(Side_a,Side_b,Side_c),
angles(Angle_A,Angle_B,Angle_C)),Y):-
Angle_A=1.57, Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,
Y=right; Angle_B=1.57,
Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,
Y=right;Angle_C=1.57,
Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,Y=right.
treangle_tip(treangle(sides(Side_a,Side_b,Side_c),
angles(Angle_A,Angle_B,Angle_C)),Y):-
Angle_A>1.57,Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,
Y=obtuse; Angle_B>1.57,
Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,Y=obtuse;
Angle_C>1.57,Angle_A+Angle_B+Angle_C=3.14,
Y=obtuse.
```

рис. 3



альных систем человек-машина с возможностью взаимодействия на казахском языке.

Опишем вкратце предложенный метод проверки геометрического решения задачи на основе онтологий. Тексты геометрической задачи представляют собой набор связанных предложений [18]. К ним относятся простые и сложные предложения, неполные предложения (с анафорой и многоточиями). Формальное понимание текста геометрических задач является их представлением в языке знаний в предметной области онтологии Планиметрии. Это представление должно быть подключено и расширено с заполнением значения слота для случаев с описанием ситуации, представленной текстом.

Рассмотрение всего процесса анализа геометрических задач в этой статье не представляется возможным. Поэтому, давайте рассмотрим структуру ситуации, которая должна быть получена в результате онтологии на основе лингвистического анализа для одной геометрической задачи.

Текст задачи: определить тип треугольника, который имеет стороны длиной равные 5, 6, 6. Предварительно лингвистическая обработка исходного текста представляет следующие понятия и комбинации понятий, которые сопоставимы с онтологией, представленной на рисунке 3, например: тип (треугольник); имеет стороны (из класса треугольника), имеет длину, равна.

Для формального описания онтологии Планиметрии используется Пролог (язык программирования логики) [20]. Механизм логического вывода Пролог используется для построения онтологической графы. Формальное описание онтологии (см. рис. 3) использует следующие типы данных с использованием альтернативных функциональных элементов.

### 5 Выводы и последующая работа

Эта статья представляет собой подход на основе онтологии, который решает проблему анализа текста на основе онтологии. Мы разработали онтологию Планиметрии для автоматической проверки ответов на «открытые» вопросы (без вариантов). Результаты исследования могут быть использованы в создании интеллектуальных систем

тестирования на основе обработки на казахском языке.

Наша концепция системы тестирования использует результаты интеллектуальной оценки уровня пользователя и предоставляет набор тестов, приспособленных к уровню подготовки студента. Система контроля знаний распределяет вопросы по сложности, основанные на данных, полученных во время тестирования. Это дает возможность построения адаптивных тестов, которые не требуют коррекции на уровне пользователей.

Дальнейшие исследования в рамках методологических аспектов автоматизированного контроля знаний будут касаться разработки баз данных тестовых вопросов разных типов и разных уровней сложности. Кроме того, в рамках технических аспектов исследователи будут продолжать разработку программного обеспечения, которая реализует все этапы семантического анализа текстов на основе онтологической техники и обработки родного языка.

### Литература:

1. Prisyazhnyuk, E.: Fuzzy model of the Automated System of Module Knowledge Control. *Int. J. Information Technologies and Knowledge*, Vol.2 (2008) 465-468.
2. OLAT – The Open Source LMS. [Online] Available from: <http://www.olat.org/website/en/html/index.html>.
3. Moodle Trust. Moodle.org: Open-source Community-based Tools for Learning. [Online] Available from: <http://moodle.org/>.
4. Sakai Foundation. Sakai Project. [Online] Available from: <http://sakaiproject.org/>.
5. Adobe Systems Incorporated. Adobe Authorware 7. [Online] Available from: <http://www.adobe.com/products/authorware/>
6. Hung Jui-long.: Trends of E-learning Research from 2000 to 2008: Use of text mining and bibliometrics. *British J. of Educational Technology*, Vol. 43.1, (2012) 5–16
7. Park, Jooyong.: Constructive multiple-choice testing system. *British J. of Educational Technology*. Special Issue: Learning objects in progress, Vol. 41.6, (2010) 1054–1064.
8. Alexeyev, A.N., Volkov, N.I., Kochevsky, A.N.: Types of Questions for Computer-Aided Testing of Students' Knowledge Computer Modelling and New Technologies, Vol.11.3, Riga (2007) 35–42.
9. Alexeyev, A.N., Volkov, N.I., Kochevsky, A.N.: Elements of Fuzzy Logic in Computer-Aided Control of Knowledge. *Otkrytoyeobrazovaniye*, Vol. 4, Moscow (2003) 23–25 (In Russian).
10. Shahbazova, Sh., Freisleben, B.A.: Network-Based Intellectual Information System for Learning and Testing. *Proceedings of the Fourth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing*, Siegen, Germany (2000) 308–313.
11. Shahbazova, Sh.: Application of Fuzzy Sets for Control of Students Knowledge. *Application Comput. Math.*, Vol.10.1, Special Issue (2011) 195–208.
12. Gruber, T.R.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International J. of Human-Computer Studies*, Vol.43(5-6), (1995) 907–928.
13. Decker, S., Erdmann, M., Fensel, D. and Studer, D. Ontobroker: Ontology based access to distributed and semi-structured information. *DS-8: Semantic Issues in Multimedia Systems*, 1999.
14. Noy, Natalya F. and McGuinness, Deborah L.: Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology'. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
15. Maedche, A., Neumann, G. and Staab, S.: Bootstrapping an Ontology-based Information Extraction System. *Intelligent exploration of the web*, Physica-Verlag GmbH Heidelberg, Germany, (2003) 345 – 359.
16. The Ontolingua ontology library. [Online] Available from: <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>
17. The DAML ontology library. [Online] Available from: <http://www.daml.org/ontologies>
18. Khakhalin, G., Kurbatov, S., Naidenova K., Lobzin A.: Integration of the Image and NL-text Analysis/Synthesis Systems. In Rafael Magdalena (eds): *Intelligent Data Analysis for Real-Life Applications: Theory and Practice*. IGI Global (2012).
19. Razakhova, B.: Automation of the analysis and synthesis of word-combinations and sentences of the Kazakh language. PhD thesis (in Kazakh language). L. Gumilyov Eurasian National University. Astana (2009).
20. Visual Prolog 7.3. [Online] Available from: <http://www.visual-prolog.com>

Кайда С.В.,  
студент  
Паслен В.В.,  
канд. техн. наук, доцент  
Донецкий национальный  
технический университет,  
Украина

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике,  
Открытого  
Европейско-Азиатского  
первенства по научной  
аналитике

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕВЕРСИВНЫХ СРЕД В АНТЕННОЙ ТЕХНИКЕ. АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО СКАНИРОВАНИЯ

*Рассматриваются модели новых антенных систем электронного сканирования, принцип работы которых базируется на свойствах реверсивных сред, а также обосновывается целесообразность применения реверсивных сред в антенной технике. Что позволяет достичь высоких скоростей сканирования и усовершенствовать характеристики антенных систем, а именно получить диаграмму направленности антенн необходимой ширины и производить оперативное управление ее формой во время сканирования по заданному закону.*

**Ключевые слова:** сканирование, зеркальная антенна, диаграмма направленности, реверсивная среда, многолучевая сканирующая антенна, многолучевая двухзеркальная сканирующая антенна, многолучевая сферическая зеркальная антенна.

*We consider models new electronic scanning antenna systems. The principle of work is based on properties of reversible environments, and the expediency of reversing environments in antenna technology. That allows to reach high-speed scanning and advanced features of antenna systems, that is to get the antenna pattern to produce the required width and operational management of its form during the scan on a given law.*

**Keywords:** scanning, mirror antenna, directivity patter, reversing environment, multi-beam scanning antenna, two-mirror scanning multi-beam antenna, multi-beam spherical reflector antenna.

Неотъемлемыми составными частями современных радиотехнических систем являются антенные системы. Их используют для определения направления на источник излучения или для исследования положения многих источников излучения в окружающем пространстве, что делает актуальными задачу оперативного управления формой характеристики направленности антенны и, в частности, задачу сканирования диаграммы направленности в пространстве.

Сканирование, т.е. перемещение луча антенны в пространстве, может осуществляться механическим, электро-механическим, электрическим и электронным способами.

Существующие способы механического и электро-механического сканирования не удовлетворяют современным требованиям к скорости обзора пространства и не дают возможности оперативно изменять параметры диаграммы направленности в процессе сканирования.

Предложенный нами способ электронного сканирования, основанный на выполнении зеркала антенны из радиопрозрачного материала, покрытого реверсивной средой свободен от указанных недостатков.

Особенность реверсивной (обратимой) среды заключается в том, что в ис-

ходном состоянии она является радиопрозрачной, а при воздействии на нее управляющего сигнала она приобретает свойства радиоотражающей поверхности. В качестве реверсивного материала могут быть использованы полупроводниковые материалы (пленки), которые при воздействии интенсивного светового излучения необходимого спектрального состава приобретают радиоотражающие свойства за счет возникновения в них неравновесных носителей заряда.

В предлагаемом способе сканирования поверхность реверсивной среды освещается интенсивным световым пятном необходимой формы и размеров, изменение размеров светового пятна приводит к изменению ширины диаграммы направленности и ее формы в заданной плоскости по заданному закону. Последовательно перемещая освещенную (возбуждаемую) область по поверхности зеркала производится перемещение (сканирование) диаграммы направленности в пространстве. При этом скорость сканирования ограничивается только скоростью перехода реверсивной (обратимой) среды из непроводящего состояния в проводящее и скоростью перемещения светового воздействия; закон изменения положения освещенной области, а, следовательно, и диаграммы направленности антенны в пространстве может быть лю-

бым заданным.

Таким образом, данный способ позволяет получить заданную форму и ширину диаграммы направленности антенны в СВЧ-диапазоне, а также управлять диаграммой направленности антенны в процессе сканирования по заданному закону, обеспечивая гибкость траектории и скорость развертки.

Описанный способ сканирования заложен в основу функционирования некоторых разработанных нами антенн, таких как многолучевая сканирующая, многолучевая двухзеркальная сканирующая, многолучевая зеркальная и многолучевая зеркальная со сферическим сканированием и другие. В данных антенных системах за счет воздействия сигналами управления на внутреннюю поверхность зеркала по очереди происходит изменение электродинамических параметров различных участков реверсивного материала, при этом обеспечивается сканирование лучей многолучевой диаграммы направленности в пространстве.

### 1. Многолучевая сканирующая антенна

Многолучевая сканирующая антенная система имеет зеркало в виде внутренней поверхности тела вращения параболической образующей вокруг оси симметрии и облучатели, расположенные на

фокальном кольце. Зеркало антенны выполнено из радиопрозрачного материала, поверхность которого покрыта реверсивным материалом. Кроме того, данная система имеет источник управляющих сигналов, а облучатели расположены с возможностью перемещения в плоскости фокального кольца. Структурная схема антенны изображена на рис. 1.

Данное устройство работает следующим образом. Облучатели 3 перемещаются в плоскости фокального кольца. Источник управляющих сигналов воздействует на поверхность реверсивного материала в областях 2 сигналами 4 на зеркале 1. В областях падения света на реверсивный материал происходит резкое изменение параметров материала за счет генерации неравновесных носителей тока, которые изменяют электромагнитные характеристики материала, материал приобретает металлические свойства, что позволяет отражаться электромагнитной волне. Это приводит к формированию нескольких лучей диаграммы направленности.

Перемещение области управляющего воздействия позволяет по очереди изменять проводимость различных участков полупроводниковых пластин. Это дает возможность сканирования лучей диаграммы направленности в широком секторе углов.

Таким образом, использование данной многолучевой сканирующей зеркальной антенны позволяет создавать многолучевую диаграмму направленности антенны с возможностью сканирования ее лучей в широком секторе углов.

## 2. Многолучевая двухзеркальная сканирующая антенна

В рассмотренной выше конструкции не представляется возможным расширение сектора сканирования, потому что угол раскрытия антенны является неизменным для зеркала фиксированного диаметра. Конструкция не предусматривает увеличение усиления антенны на величину большую, чем максимально возможная величина для данного зеркала, и уменьшение ширины лучей диаграммы направленности.

Данные недостатки устраняются за счет усовершенствования рассмотренной антенной системы путем введения в ее состав помимо основного еще и дополнительного параболического зеркала, вы-

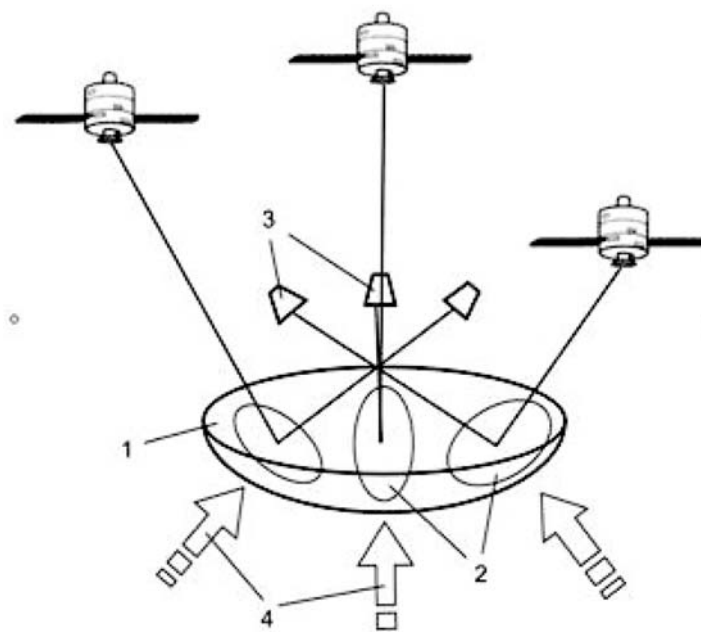


Рис. 1. Многолучевая сканирующая антенна

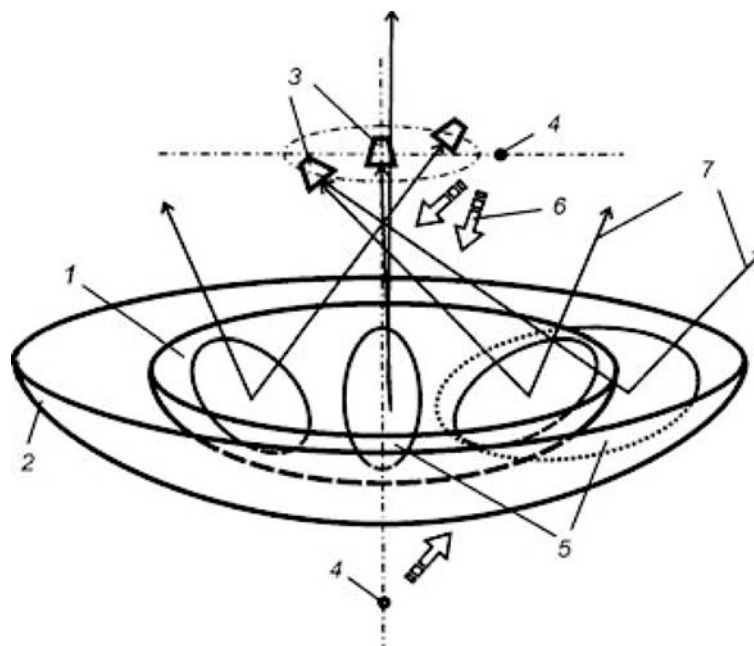
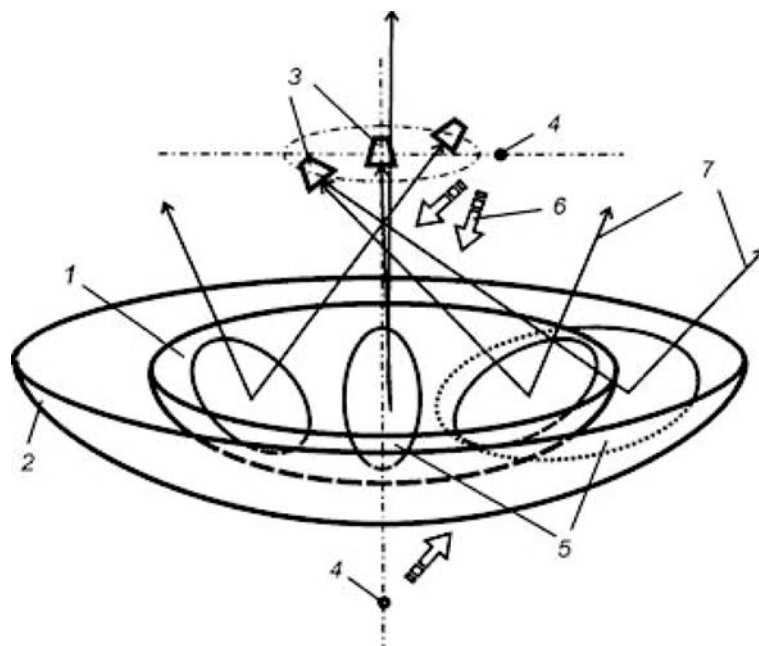


Рис. 2. Многолучевая двухзеркальная сканирующая антенна

полненного из радиопрозрачного материала. Основное зеркало расположено в области раскрытия дополнительного параболического, причем фокус основного параболического зеркала совпадает с фокусом дополнительного параболического, а внутренняя поверхность основного зеркала и внешняя поверхность дополнительного параболического покрыты реверсивным материалом. Кроме того, антенна имеет дополнительный источник управляющих сигналов, расположенный на обратной стороне дополнительного

параболического зеркала.

В соответствии с заданным сектором сканирования, шириной лучей диаграммы направленности и усилением антенны выбирается зеркало, которое будет находиться в режиме отражения электромагнитных волн, а также источник управляющих сигналов, который будет воздействовать сигналами управления на выбранное зеркало. При этом другое зеркало, на которое не воздействуют сигналы управления, находится в режиме пропускания электромагнитных волн. Облу-



**Рис.3 Многолучевая сферическая зеркальная антенна**

чатели обеспечивают создание лучей диаграммы направленности. Возможность выбора параболического зеркала, которое будет отражать электромагнитные лучи, обеспечивает расширение сектора сканирования, создание лучей диаграммы направленности различной ширины, а также возможность изменения усиления антенны. Структурная схема антенны изображена на рис. 2.

Принцип осуществления сканирования данной антенной системой аналогичен принципу осуществления сканирования в многолучевой сканирующей антенне. Таким образом, использование данной многолучевой двухзеркальной сканирующей антенны позволяет расширять сектор сканирования, создавать лучи диаграммы направленности различной ширины, а также изменять усиление антенны.

### 3. Многолучевая сферическая зеркальная антенна

Зеркало данной антенны образовано вращением круговой образующей, за счет чего геометрическая форма возбужденного участка поверхности зеркала не зависит от направления воздействия сигнала управления, что позволяет получить неизменную диаграмму направленности в пространстве, и дает возможность сферического сканирования лучей диаграммы направленности в пространстве. Кроме того, облучатели размещены с возможностью перемещения по сфере фокуса.

Структурная схема многолучевой сферической зеркальной антенны изображена на рис.3.

Устройство работает таким образом: облучатели перемещаются по сфере фокуса. Источник управляющих сигналов воздействует на поверхность реверсивного материала, и на внутренней поверхности антенны формируются возбужденные области, геометрическая форма которых не зависит от направления сигнала управления. При этом формируется несколько лучей диаграммы направленности. Перемещение области управляющего воздействия позволяет по очереди изменять проводимость различных участков реверсивной поверхности. Это дает возможность сферического сканирования лучей диаграммы направленности в пространстве. Ширина лучей диаграммы направленности зависит от размеров и формы возбужденных областей.

Таким образом, использование данной многолучевой сферической зеркальной антенны позволяет создавать многолучевую диаграмму направленности антенны со сферическим сканированием лучей диаграммы направленности в пространстве.

### Заключение

Рассмотренный в статье метод электронного сканирования обладает рядом преимуществ, которые существенно расширяют возможности его дальнейшего использования, что видно из разработанных моделей антенных систем.

### Литература:

1. Ерохин Г.А. и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник для вузов/ – 2-е изд., – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 264 с.
2. Вайнберг И.А., Вайнберг Э.И., Павельев В.А. Индикация структуры электромагнитного поля при помощи неравновесных носителей тока в полупроводниках. Радиотехника и электроника, – М.: Наука, 1971. №3. – 356 с.
3. Зуев В.А., Саченко А.В., Толпыго К.Б. Неравновесные приповерхностные процессы в полупроводниках и полупроводниковых приборах. – М.: Советское радио, 1977. – 356 с.
4. Луханина О.В., Мотылев К.И., Гончаров Е.В., Хорхордин А.А., Шибанов А.О., Паслен В.В. Развитие теории и техники антенн // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Дінаміка наукових досліджень 2004». Том 8. Технічні науки. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – 356 с.
5. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 528 с.
6. Нашельский А. Я. Технология полупроводниковых материалов, – М.: Наука, 1973. – 466 с.
7. Паслєн В.В. О возможности использования реверсивных сред в антенной технике / Международная научно-практическая конференция «Человек и космос»: Сборник тезисов. – Днепропетровск: НЦАОМУ, 2004. – 396 с.
8. Хорхордин А.А., Носко Ю.В., Паслен В.В. О возможности использования реверсивных сред в антенной технике // Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос»: Збірник тез. – Дніпропетровськ: НЦАОМУ, 2004. – 496 с.
9. Патент № 49709, Украина, МПК (2009) H01Q19/10. Многолучевая зеркальная сканирующая антенна. Донецкий национальный технический университет. Паслєн В.В., Федотова М.В., Михайлов М.В., Михайлова А.В., Иваницин В.Е., Вахнова Е.Е. Публ. – 11.05.2010. Бюл. №9. – 8 стр.
10. Декларационный патент № 25901 Двухзеркальная сферическая антенна\ Хлуднева Г. В., Михайлов М. В., Ольшевский А. Л., Паслєн В. В.

Kissamedin G.M.,  
Prof. Kazakh Leading  
Academy of Architecture  
and Civil Engineering,  
Kazakhstan

## UNIQUE RESIDENTIAL HOUSE IN ALMATY, THE STALINIST PERIOD IN ALMATY

*Residential buildings of the Stalin era before the war and postwar periods in Almaty, built in neoclassic style, despite the fact that they are already more than half a century, are still expensive and comfortable housing in the real estate market. This article is devoted to one of these houses. House of Scientists has a unique planning organisation, inspired by the "non-socialist ideas of a comfortable house"*

Conference participant,  
National championship  
in scientific analytics

**Keywords:** architecture, elite house, idea of the elite house in the Stalin period, neoclassicism, Kazakh ornament.

House of Scientists was built specially for the elite Soviet scientists designed by the architect A.B. Bobovich in 1951 on Zhibek Zholy Street. The house consists of five 2-room sections; all are 5-bedroom apartments, in the house thirty apartments only. According to the project, it has five separate sections of semi-detached blocks, separated by anti-seismic joints, which form an axial symmetrical composition with a half-open courtyard. At each porch are two staircases that are not connected to one another, a grand, wide, bright, luxuriantly decorated, the second - the 'black', economical, visually hidden staircase, the purpose of the two ladders is determined by a way of life of its inhabitants, two staircases or two entrances to one apartment conduct a visible distinction between owners and servants.

The stairs are climbed by owners - the scientists, and from the backdoor - uneducated servants, maids, or workers who are included in the service area - the kitchen and auxiliary. Apparently, Stalin's socialism still could not imagine a comfortable house without the attributes of the old capitalist system - the workers, who at that time became known as a maid. The elite of Soviet scientists in the Stalin's period received 5-bedroom apartments of 180 square metres, regardless of the number of family members, and it was assumed that the service will be provided to a maid. In the Stalin's period, the scientists received high salaries, they were able to pay for their labour, but such a luxury was permitted to the elite only. In the troubled times of Stalin's period laws did not act equally for all, so there used to happen that an allocated

apartment could be divided into two parts, so in this case a family had to use the backdoor only. So there were redevelopment and changes in the architecture of the building. The responsibility of the housekeeper included cooking, cleaning houses, babysitting. Maids were paid by the owners, the status of workers has been officially recognised, like all citizens at retirement age, they received the pension for their job. Each apartment, in addition maid's room, had a hall, living-room, three bedrooms and a study. All thirty five-bedroom apartments had genuine fireplaces that were installed in living rooms. In the central part of the house at ground level was built a shop, so it was a prototype of a residential complex with a value of urban services.

The northern main facade consists of three sections located along the Zhibek Zholy Street, and flanked by two sections of the house, turning at right angles to the Pushkin and Valikhanov Streets. The central section is more advanced towards the street, as well as flanking sections, thereby creating a rhythmic plastic in the architecture of the house, reminiscent of the palace buildings. The central projecting section of the main facade is higher in terms of altitude than the rest building of the house and split into two parts: the level of the ground floor, where the store is arranged, and the upper floors, which are compositionally combined by tremendous warrant at the corners of the section. The angles of the central projecting part are cut by deep arched loggias at the height of the second and third floors. The architecture of the main facade is construed in the classic proportions, giving the building mo-

numentality - heavier rusticated lower and lighter than the top. The plane of the main facade is divided intercommunication belt - the cornice, which allocates two parts: the larger division of the first floor window openings and smaller apertures of the upper floors. Massive lancet window frames form of the first floor contrastly stands out with the plane of the rusticated base and walls of a higher first floor.

The main entrance to the residential section - a staircase separated vertically striped various openings: the arched portal of the entrance door on the second floor - one-stop portal with a wide ornamented with a keystone at the center and two twin lancet windows on the third floor of the species. Inter-window pier paired windows of the upper floor is decorated with capitals. The third floor windows have lancet shape, more lightweight in form than the openings of the lower floors. At first floor level on the corners of the central projecting section of the input are arranged, designed in the form of portals with pointed arches, which are used around the massive columns with a unique small-caps. This cheerful capitol radiates healthy, it is made of apples and grapes, "stacked" in the basket.

In the decoration of a residential building along with the motives of classical order system are used Kazakh national ornaments. The building is completed in the entablature over the protruding part of a lush than the entire building; balconies are used with decorative supporting cracker, also different orders of scale, huge balconies on the order of two storeys in height and tiny Doric columns - the balusters on the se-



cond floor balcony. On the main facade of the front of the projecting part of the building is arranged terrace with the height of six steps, which creates a cozy area in front of the store and arrange a place for rest in the shadow of the building, raised on a pedestrian walkway. Careful landscaping is organised not only from the main facade on the Zhibek Zholy Street, and around the entire house and yard, which means care for life shown by the houseowners.

In the courtyard of a residential building are built quite spacious garages, in the architecture of which was used by the national ornamental decor, consistent with the architecture of the

house. From the Krasin and Pushkin Streets the yard is fenced off by a massive brick walls, executed in a single stylistic solution to the architecture of the house. Special project of a residential building considered in details and carefully designed for the Soviet scientists, eventually lost its social homogeneity and prestige. External attributes of a highly comfortable house on the external facade prior to its layout was not confirmed by the stability in the troubled life during Stalin's period, and eventually, for instance, a cozy fireplace hearth pawned and disappeared from the layout of the house, as the very idea of a demonstration of a high

level of scientists' life. Great ideas for a comfortable dwelling, built into the project of the house, were not viable during the period of socialism. Eventually, the architecture of the palace-house for Soviet scientists came to a complete inconsistency with the lifestyle of its inhabitants, as the state in 60-70 years were not able to maintain the status of the scientist and the real salary could not be supported by, could not maintain the desired level of 50 years. The story of a unique House of Scientists shows that building expensive is advantageous, because after 61 year since its construction, the house has not lost its attraction for city residents.



## WORLD RESEARCH ANALYTICS FEDERATION

**R**esearch Analytics Federations of various countries and continents, as well as the World Research Analytics Federation are public associations created for geographic and status consolidation of the GISAP participants, representation and protection of their collective interests, organization of communications between National Research Analytics Federations and between members of the GISAP.

**F**ederations are formed at the initiative or with the assistance of official partners of the IASHE - Federations Administrators.

**F**ederations do not have the status of legal entities, do not require state registration and acquire official status when the IASHE registers a corresponding application of an Administrator and not less than 10 members (founders) of a federation and its Statute or Regulations adopted by the founders.

If you wish to know more, please visit:

<http://gisap.eu>

Krukov A.F.,  
Dr. of Economics, prof.  
Krukova I.A., teacher of  
Economics  
Federal University of Siberia,  
Russia

## JUSTIFICATION OF TRENDS WHEN CYCLIC VARIATIONS OF INDICATORS

Conference participants,  
National championship in  
scientific  
analytics, Open European  
and Asian research  
analytics championship

*This article speaks about reflection of time indexes of progress and it give estimate, which describe the direction of economic progress of organizations.*

**Keywords:** Reflection. Time indexes. Progress. Estimate. Direction of economic progress.

There are cycle processes in to economic. It's necessary them test for admission management solutions. For this affect is needed to use concept of trend of senses of indexes of indicators. There are offer next approaches to use.

If  $X^{\min 2} > X^{\max 1}$  and  $(X_i, X_{i+1}) \sim X_2 > X_1$ , then it can consider, that trend of change s of concept of economic development of organizations as positive and strong.

If  $X^{\max 1} > X^{\max 2}$  and  $(X_i, X_{i+1}) \sim X_2 > X_1$ , then it can consider, that trend of changes of concept of economic development of organizations as positive, but weak.

If  $X^{\max 1} = X^{\max 2}$  and  $(X_i, X_{i+1}) \sim X_2 > X_1$ , then it can consider, that trend of change s of concept of economic development of organizations as simply positive.

If  $X^{\max 1} < X^{\max 2}$  and  $(X_i, X_{i+1}) \sim X_2 < X_1$ , then it can consider, that trend of changes of concept of economic development of organizations as negative and strong.

If  $X^{\max 2} > X^{\max 1}$  and  $(X_i, X_{i+1}) \sim X_2 < X_1$ , then it can consider, that trend of changes of concept of economic development of organizations as negative but weak.

If  $X^{\max 2} = X^{\max 1}$  and  $(X_i, X_{i+1}) \sim X_2 < X_1$ , then it can consider, that trend of changes of concept of economic development of organizations as simply negative.

Border (limit) between strong or weak of trends of negative or positive characters are needed mathematical estimate.

Trend is stable variations of fluctuating operational indicators of organization. It is often required with measured fluctuations of values of its economic condition indicators to set limits of the trend of enterprise operation indicators growth theoretically [1]. To determine them in a first approximation we assume that the life cycle of organization is sinusoidal. Peak values of indicators in this cycle are  $A_m$ . It is measured average values of i-indicators -  $X_{it} = X_{i+1}$ . It

is required to set a coefficient of proportionality (coefficient of the trend - k, where  $k > 1$ ) among values  $X_i, X_{i+1}$ , if growth of indicators is observed. In addition it is satisfied a relation that maximum of values of i-indicator in the previous cycle is not more than minimum of values of i-indicator in the consequent cycle (Fig. 1).

$$\text{Let } \bar{X}_{i+1} = k \bar{X}_i(1), k > 1, A_m = \text{const}, X_i^{\max} \leq X_i^{2\min} \quad (1)$$

Construct the following (Fig. 1).

Draw a tangent - BA between the points  $X_i^{\max}$  and  $X_i^{2\max}$  and the line of average values of i-indicator - ML through the points  $X_i, X_{i+1}$ . From the point A ( $X_i^{2\min}$ ) drop a perpendicular - AF to ML. From the point M ( $X_i$ ) drop the perpendicular MN to DN (line  $X_{i+1}$ ). From the point N draw the line NK parallel to ML, and drop from the point D to NK the perpendicular DK.

From constructed right-angled triangle AMDN express  $\sin \alpha$ :

$$\sin \alpha = \frac{DN}{MD}$$

where  $DN = X_{i+1} - X_i (MN - DN)$  Insert dependence (1) for  $X_{i+1}$  fix

$$DN = \bar{X}_i(k-1), AMD = T_{ou}$$

In this case:

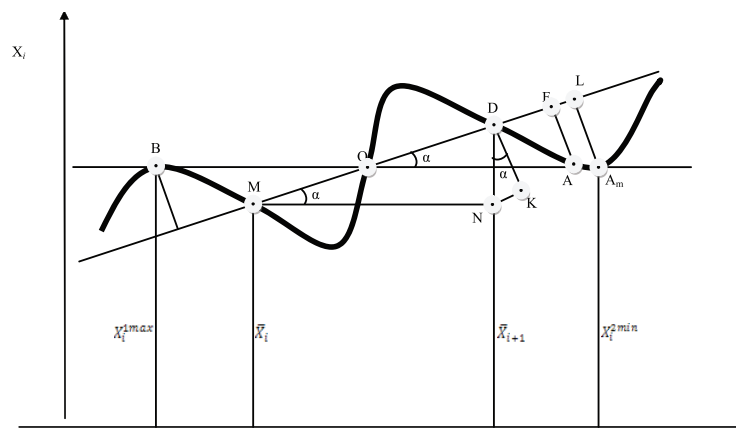


Fig. 1. Graph with trend

$$\sin \alpha = \frac{x_i(k-1)}{T_{ou}} \quad (2)$$

Consider the similar triangles (fig.1):

$$\Delta OFA \sim \Delta MDN$$

(DF coincides with MD,  $FA \perp DF$ ,  $DM \perp MN$ ). It is followed from the triangle  $\Delta OFA$

$$\tan \alpha = \frac{FA}{FO} \quad (3)$$

where  $FA \leq A_m, FO \leq OL = 3/4 T_{ou}$  which are to be inserted into the expression (3), then:

$$\tan \alpha = \frac{4A}{3T_{ou}} \quad (4)$$

It is followed from the similar triangles  $\Delta DNK \sim \Delta OFA$  ( $DN \perp OA$ ,  $DK \perp OF$ ):

$$\cos \alpha = \frac{DK}{DN} \quad (5)$$

where  $K \leq A_m$ ,  $DN = X_i(k-1)$ , which are to be inserted into the formula (5) and transform it:

$$\cos \alpha = \frac{A_m}{X_i(k-1)} \quad (6)$$

Taking into account that  $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$  include values  $\sin \alpha$  from the equation (2), and  $\cos \alpha$  from the formula (6). Set the constraints for tg  $\alpha$  from the expression (4).

Get the inequation after transformations:

$$\frac{[X_i(k-1)]^2}{T_{oy}A_m} \leq \frac{4A_m}{3T_{oy}} \quad (7)$$

Modify the inequation (7) with respect to k

$$k \leq 1 + \frac{A_m}{X_i} \sqrt{1.33} \quad (8)$$

Insert k under the inequation (8) into the expression (1) and get as a result:

$$X_{i+1} \leq X_i + A_m \sqrt{1.33}$$

In this case trend will have stable growth when cyclic sinusoidal changing i-indicator, provided its each value on consequent measures will satisfy the in equation (9).

## References:

1. Korn G. Guide – book of mathematic / G. Korn, T.Korn. - M.: Fizmatgiz, 1985.- 450 p

## INTERNATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION



*International Academy of Science and Higher Education (IASHE, London, UK) is a scientific and educational organization that combines sectoral public activities with the implementation of commercial programs designed to promote the development of science and education as well as to create and implement innovations in various spheres of public life.*

- ☛ Activity of the Academy is concentrated on promoting of the scientific creativity and increasing the significance of the global science through consolidation of the international scientific society, implementation of massive innovational scientific-educational projects.
- ☛ While carrying out its core activities the Academy also implements effective programs in other areas of social life, directly related to the dynamics of development of civilized international scientific and educational processes in Europe and in global community.
- ☛ Issues of the IASHE are distributed across Europe and America, widely presented in catalogues of biggest scientific and public libraries of the United Kingdom.
- ☛ Scientific digests of the GISAP project are available for acquaintance and purchase via such world famous book-trading resources as amazon.com and bookdepository.co.uk.

**www: <http://iashe.eu/>**

Михнова П. В.,  
канд. архитектуры  
Восточно-Казахстанский  
государственный  
технически  
университет им.  
Д. Серикбаева,  
Казахстан

## ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ ФОРМ АРХИТЕКТУРНОЙ И ПРЕДМЕТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ

*В статье рассматривается взаимосвязь архитектурных и дизайнерских форм в процессе эволюции. Зачастую, предметы (мебель, станки) заимствовали архитектурные элементы и, только в условиях промышленного переворота, когда зарождается дизайн, произошло отделение предметного мира от архитектуры. На сегодняшний день опять наблюдается стирание границ: архитектурное здание все чаще напоминает технический компьютеризированный объект.*

**Ключевые слова:** архитектура, устойчивая архитектура, предметный мир, дизайн, художественные стили, формообразование.

*In article the interrelation of architectural and design forms in the course of evolution is considered. Frequently, subjects (furniture, machine tools) borrowed architectural elements and, only in the conditions of industrial revolution when the design arises, there was a branch of the subject environment, from architecture. Today deleting of borders is again observed: the architectural building often*

**Keywords:** architecture, sustainable architecture, subject environment, design, art styles, form-creating.

Участник конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике  
Открытого Европейско-  
Азиатского первенства  
по научной аналитике

Архитектура и предметно-пространственная среда издавна являлись материальной основой существования человека. Рассматривая дизайн как предметное окружение (мебель, одежда, посуда, предметы быта, транспорт и пр.) можно говорить об истоках дизайна с древнейших времен. Для архитектурно-предметного формообразования конкретного исторического периода были характерны общие художественно-стилевые черты, продиктованные различными фактора-

ми: ландшафтными условиями (Древний Египет, Древняя Греция); религией (Византийский стиль, готика); властью и роскошью королевского двора (барокко, рококо); развитием научно-инженерной мысли (Возрождение, классицизм) и т.д.

По наиболее распространенной и общепринятой версии, дизайн, как самостоятельный вид художественной деятельности, зарождается в условиях промышленного переворота и связан с переходом

от ручного труда к машинному и серийному производству вещей. Первые вещи, выполненные промышленным способом, а также сами станки и механизмы, были далеки от совершенства. Художники и ремесленники впадали в разные крайности, работая в таких стилях как архитектурный или инженерный. При архитектурном стиле использовались архитектурные детали, причем движущая часть станка могла быть выполнена в виде ордера, изначально олицетворяющем ста-

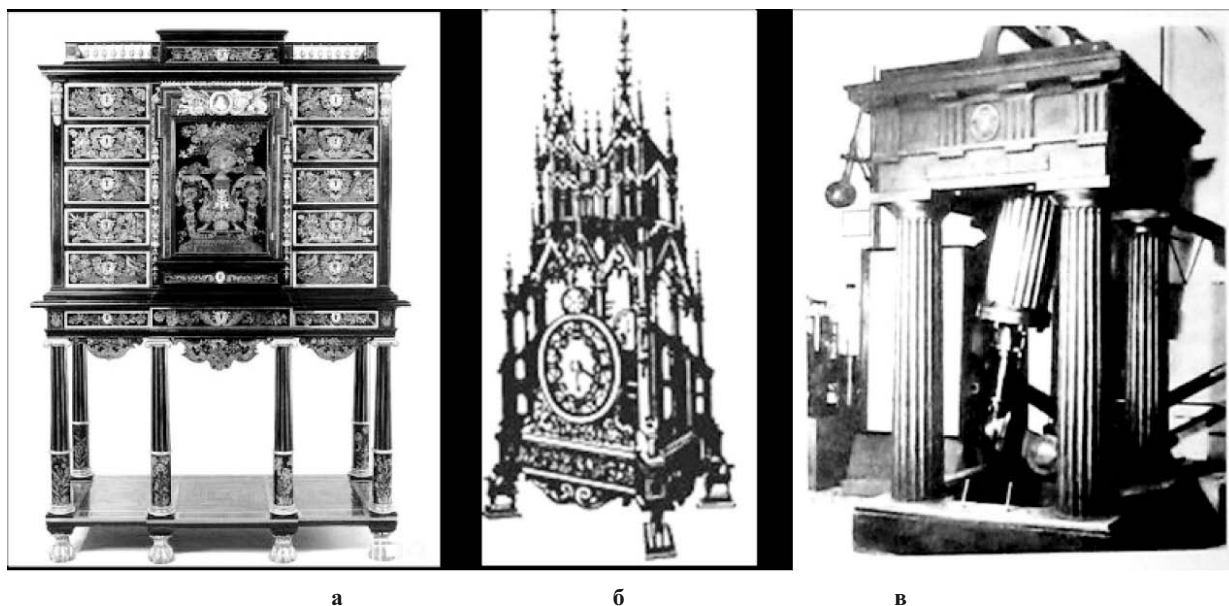


Рис. 1 Архитектурные формы в мебели, предметах быта, станках



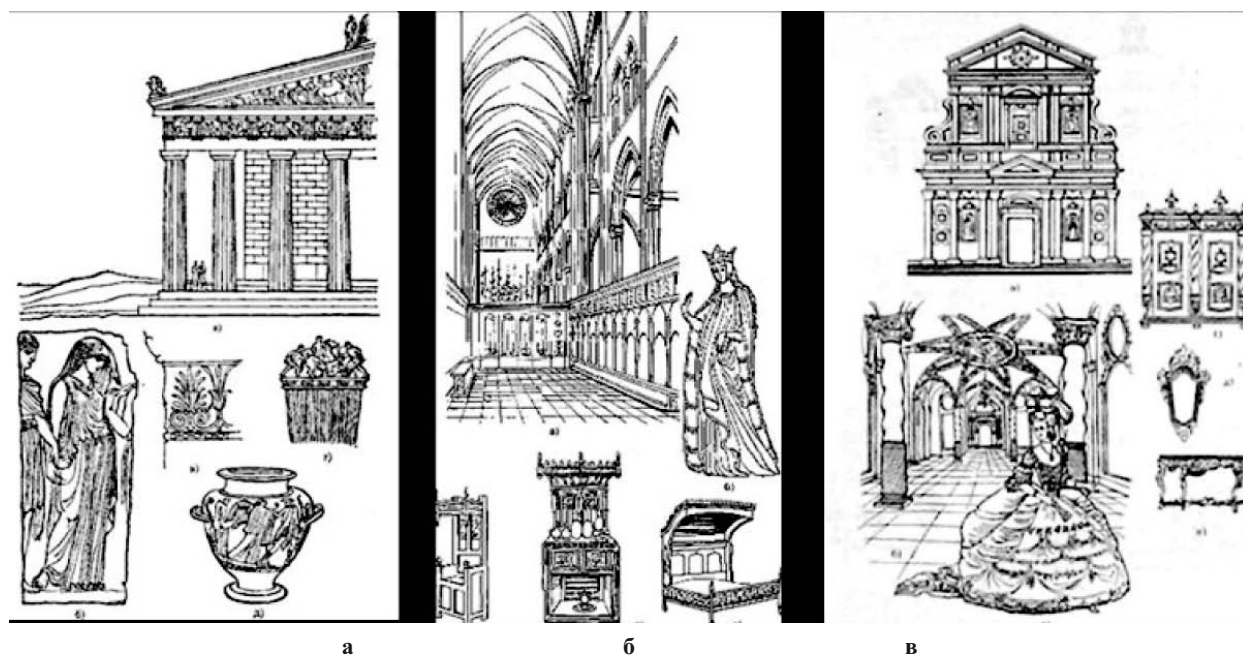


Рис. 2 Стилиевое единство архитектурной и предметной среды. Древняя Греция, готика, барокко.

тичность. Следует отметить, что исторически, мебель и предметы быта зачастую также использовали архитектурные элементы (рис. 1). В инженерном стиле вещи получались brutальными и громоздкими. Еще одной крайностью стал художественный китч, проявляющийся в росписи, резьбе, обилие декоративных элементов, имитирующих ручную работу.

Таким образом, **первый этап в эволюции архитектурно-предметных форм - производство предметов в эпоху ремесленного производства - 3000 г.д.н.э.<sup>1</sup> - кон. XVIII века** - характеризуется художественным единством архитектурной и предметной среды в рамках конкретного стиля. Стил зарождається в архітектурі і розповсюджується на предметне оточення (рис. 2).

Великая промышленная выставка, проводимая в 1851 г. в Лондоне, выявила проблему несоответствия новых в техническом отношении вещей и их эстетического воплощения.

Следует отметить и положительные примеры в проектировании первых предметов дизайна на серийной основе. Так, австрийским мебель-

щиком М. Тонетом была спроектирована серия венских стульев, где новая технология (трехмерное гнутье) удачно воплотилась в лаконичной форме. Кроме того, венскому стулу, модели № 14, присущи такие прогрессивные черты как: унификация деталей, возможность разборки для транспортировки, легкость изделия, минимум деталей. Автор проводил тщательные предварительные исследования, что позднее стало необходимым при дизайн-проектировании (изучение социального заказа, социологический, маркетинговый анализы и пр.). В начале XX века немецкий архитектор и дизайнер П. Беренс в разработке предметного ансамбля электрических чайников для компании АЭГ предлагает вариативность моделей - по материалу, форме, емкости.

В течение XX века позиции дизайна прочно укрепились как в практике, так и в теории. Важную роль в этом сыграли первые школы дизайна - Баухауз, ВХУТЕМАС, Ульмская школа дизайна. Дизайнеры из Германии, России, США занимались разработкой специальных форм для мебели, бытовой техники и других предметов, отказавшись

от архитектурных мотивов и выявляя особенности именно дизайнерской вещи (тактильные ощущения, форма, ясность в панели управления, эргономика).

Итак, **второй этап - зарождение дизайна и развитие его в самостоятельную сферу художественной деятельности - кон. XVIII - кон. XX веков**. Некоторые стилевые тенденции проявляются как в архитектуре, так и в дизайне (функционализм, органичный стиль, постмодерн), но при этом у каждого вида искусства свои критерии, приоритеты, особенности формообразования. Так, французский архитектор Ле Корбюзье выявил пять отправных точек современной архитектуры, а немецкий дизайнер Д.Рамс, автор «браунстиля» - десять принципов хорошего дизайна.

К концу XX века научно-технический прогресс набирает небывалый темп: Интернет, автоматизация и диспетчеризация всех процессов, дистанционное управление и пр. Технические новинки, появившись в аудио-видеотехнике, предметах быта, средствах связи, компьютерах все больше проникают из предметного мира (дизайна) в мир архитектуры. Сначала появились «ум-

<sup>1</sup> За отправную точку взято возникновение Раннего царства в Древнем Египте, как первой целостной цивилизации, когда появились первые образцы мебели, посуды, одежды и пр. предметов



ные» стиральные машины и холодильники, а сегодня уже строятся «умные» дома с энергосберегающими технологиями. Отказавшись от исторически сложившихся элементов (ордер, карниз, портал), в будущем архитектура, возможно, перестает быть статичной и привязанной к местности. Умный дом справедливо сравнивают с салоном автомобиля высокого класса, как по оснащению, так и по возможной мобильности. Современные здания в стилях бионики, хай-тека, деконструктивизма теперь больше напоминают некие дизайнерские технические разработки (рис. 3).

Свое отражение в архитектуре нашла и тенденция устойчивого развития общества, предполагающее дальнейшее развитие цивилизации (транспорт, энергетика, строительство) без ущерба для окружающей среды, с максимальной экономией ресурсов и с комфортом для человека. Сегодня здание должно не только защищать человека от окру-

жающей среды, но и самим быть для этой среды максимально безопасным.

Итак, сегодня мы наблюдаем **третий этап в сосуществовании и взаимосвязи архитектуры и предметного окружения – интеллектуальная архитектура и дизайн – кон. XX- нач. XXI веков.** Постиндустриализм, техногенные процессы, экологический кризис XXI века привели к новому этапу в истории архитектуры и дизайна. Жилые дома и офисы все больше наполняются техникой, которая сегодня стала неотъемлемой частью нашей жизни. Этот процесс неизбежно привел к тому, что самым сложным техническим «прибором» в системе жизнеобеспечения стал сам дом. Если ранее мебель, станки и прочие предметы заимствовали архитектурные формы, то сегодня архитектура и само пространство интерьера превратилось в техногенную систему, управляемую компьютером. Еще И. Кант назвал мир

вещей - второй природой. Сегодня же человечество на примере некоторых объектов архитектуры дизайна создало второй разум.

Таким образом, ретроспективный анализ архитектурных и предметных форм позволяет выявить три основных этапа их взаимосвязи в хронологической последовательности:

1. Исторически формообразование предметной среды зависело от господствующего художественного стиля, зародившегося в архитектуре (XXX в. д.н.э. - кон. XVIII в.)

2. С промышленного переворота формы архитектуры и дизайна развиваются самостоятельно, по своим критериям и приоритетам (кон. XVI- II - кон. XX вв.)

3. Архитектура и предметы дизайна ближайшего будущего - это автоматизированные объекты, являющиеся следствием развития компьютеризации, средств связи, дистанционного управления и прочих техногенных процессов. (кон. XX-нач.XXI вв.)



Рис. 3 Новые формы архитектурной и предметной среды.  
Н. Фостер. Офис страховой компании. З. Хадид. Музей истории средиземноморья.  
Стиральная машина Alternative Clothes Cleaner

Малыгина В.Д.,  
д-р экон. наук, проф.  
Сусская М.Н.,  
ст. преподаватель  
Донецкий национальный  
университет экономики и  
торговли им. М. Туган-  
Барановского, Украина

Участник конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике  
Открытого Европейско-  
Азиатского первенства  
по научной аналитике

## ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*В статье рассматриваются актуальные проблемы обеспечения безопасности пищевой продукции. Определены четыре ключевых этапа эволюции HACCP, которые отображают исторически сложившиеся предпосылки трансформации научных подходов в обеспечении безопасности пищевой продукции.*

**Ключевые слова:** HACCP, система, безопасность, производство, эффективность, исследование.

*Actual problems of the alimentary products safety ensuring are examined in the article. Four key stages of the HACCP, which display the historically established preconditions of the transformation of scientific approaches in ensuring the alimentary products safety.*

**Keywords:** HACCP system, security, production, efficiency, research.

На современном этапе развития пищевой промышленности для всего цивилизованного мира, актуальной является проблема внедрения эффективных и научно обоснованных подходов к вопросам связанных с обеспечением безопасности продовольствия.

Актуальность исследования обусловлена тем, что система HACCP (англ. *Hazard Analysis and Critical Control Points* – анализ рисков и критические контрольные точки) является эффективным методом в управлении безопасностью пищевой продукции, который применяют для защиты производственных процессов от потенциально возможного негативного воздействия биологических (микробиологических), химических, физических и других рисков.

Принимая во внимание убедительные результаты научных исследований [1-4], активную тенденцию внедрения принципов изложенных в международных стандартах серии ISO 2200, и тот факт, что для многих стран мира, таких как США, Канада, Япония, Новая Зеландия, Украина и другие, внедрение систем обеспечения безопасности пищевой продукции является обязательным, следует констатировать актуальность и эффективность системы HACCP.

Целью данного исследования является разработка эволюции системы управления безопасностью пищевой продукции, основанной в соответствии принципам HACCP. Методологическую и теоретическую основу работы составляют исследования, основанные на сопоставлении исторических, социально-экономических факторов, а так же технических

аспектов производства пищевой продукции, определяющих возникновение и этапы формирования системы управления безопасностью пищевой продукции.

Инновационная деятельность в пищевой промышленности характеризуется значительными изменениями технологических процессов, а именно: появлением новых способов и возможностей выбора поставщиков, использованием ингредиентов, что, естественным образом, привело к увеличению объемов производства, и, как следствие, повышению вероятности появления на продовольственных рынках продукции, способной

причинить вред здоровью человека. Именно поэтому, на законодательном уровне в Европейском Союзе, США, Канаде, Японии, Новой Зеландии, Украине и многих других странах, внедрение системы управления безопасностью, уже сегодня является обязательным для предприятий пищевого сектора. Но так было не всегда.

В той связи, повышенный интерес привлекает исследование эволюции системы управления безопасностью пищевых продуктов, которая началась еще в 60-х годов XX века.

В результате исследования, истори-



Рис.1. Схема эволюции системы управления безопасностью пищевой продукции



Рис.2 Принципы НАССР

ческих, экономических факторов, технологических особенностей и геополитической обстановки в мире, которые прямо и косвенно повлияли на процесс формирования системы управления безопасностью были получены результаты, которые в виде схемы представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 продемонстрированы четыре ключевых периода, которые отображают эволюцию подходов в обеспечении безопасности пищевой продукции, основу которых составляет НАССР. Историческая перспектива, представленная на рисунке 1 начинается в 60-х годы XX века. Приведем поэтапную характеристику каждого из периодов.

#### *I Базовый период (I. Foundation period).*

Следует уточнить, что на данном «базовом» этапе эволюции ученые США в процессе создания пищи для астронавтов столкнулись с проблемой обеспечения безопасности, вследствие чего и была разработана концепция НАССР, первоначально основанная на идеях инженерной системы FMEA (анализ видов и последствий отказов). Особенностью первоначального периода является осознание базисных подходов к процессам, способным обеспечить безопасность пищевой продукции.

*II Период формирования комплексного подхода в управлении безопасностью (II. Complex period).* Важным является за-

мечание о том, что только на втором этапе эволюции, который начинается с 1996 года, концепция НАССР приобрела «окончательный вид», и трансформировалась в систему НАССР, основанную в соответствии принципам представленных на рисунке 2.

Стоит сказать, что второй период эволюции характеризуется активной тенденцией внедрения НАССР в производственную практику во всем мире, в том числе и Европейских странах. Наглядным примером, подтверждения эффективности системы НАССР является ее «одобрение» международными организациями: Комиссией Codex Alimentarius, ВОЗ а так же Международной комиссией по микробиологической спецификации пищевых продуктов. Кроме того, система НАССР была признана обязательной для внедрения в отрасль переработки мяса и домашней птицы Управлением по надзору за качеством продуктов питания и медикаментов (FDA) [5], а в Канаде внедрение и применение системы с 2001 года является обязательным обстоятельством в пищевой промышленности.

*III Период интеграции (III. Period of integration).* Как было указано в схеме рисунка 1 причинно-следственным обстоятельством для перехода от второго периода эволюции к третьему является

разработка серии международных стандартов ISO 22000 – комплекса, способного к интеграции в структуру ISO 9000, 14 000, SA 8000 и др., формируя интегрированную систему управления для производственных предприятий пищевой промышленности. Выявлено, что основной целью серии стандартов ISO 22000 является внедрения принципа, который получил девиз «от фермы (поля) к столу». Другими словами, для каждого участника непосредственно или опосредованно принимающих участие в пищевой цепи, открывается возможность создания системы управления безопасностью, например, для производителей кормов и/или ингредиентов, предприятий оптовой и розничной торговли, производителей и поставщиков оборудования для пищевой промышленности и др, и даже внедрения интегрированных систем управления.

Называя характерные особенности третьего периода эволюции необходимо сказать, что помимо международных стандартов серии ISO 22000 система НАССР нашла свое отображение в ряде стандартов, которые применяют в отдельных странах и регионах или в отдельных звеньях пищевой цепи.

В качестве примера, назовем наиболее употребляемые стандарты: British Retail Consortium Global Standard – британский стандарт ассоциации розничных торговцев; International Food Standard – международный стандарт розничных торговцев; Dutch HACCP – голландский стандарт системы НАССР; FSSC 22000:2010 – стандарт для производителей отдельных категорий пищевых продуктов, объединяющий требования ISO 22000 и PAS 220:2008, внедренный объединением специалистов по пищевой безопасности Global Food Safety Initiative.

*IV Инновационный период (IV. Period of innovative).* Результаты данного исследования выявили, что процессы разработки и внедрения системы управления безопасностью пищевых продуктов на предприятии – длительный и трудоемкий процесс, который затрагивает все службы и персонал, и не ограничиваются только разработкой документации и усовершенствованием санитарных условий производства, что иллюзорно может показаться на первый

взгляд. Следует обратить внимание, что для внедрения эффективной системы управления безопасностью пищевых продуктов необходимо, прежде всего, обучение наивысшего руководства, группы НАССР, персонала, выполняющего работы, влияющие на безопасность продуктов и сотрудников, ответственных за осуществление оперативного контроля. Вместе с тем, следует отметить, что ISO 22000:2005 имеет обобщенный характер для производства всех групп пищевой продукции, и требует специальной адаптации для каждого производства. Данные обстоятельства значительным образом усложняют массовое распространение принципов НАССР.

В этой связи была разработана инновационная модель системы управления безопасностью «НАССР – бройлерное производство», которая является специально адаптированной к технологическим особенностям производства мяса бройлеров. Появление данной авторской разработки [4] непрерывно связано с возникновением четвертого периода эволюции. Структуру модели «НАССР – бройлерное производство» демонстрирует рисунок 3. Авторская модель системы сформирована и представлена для внедрения в практику птицеперерабатывающих предприятий в виде комплекса модельных документов и рекомендаций для оптимизации работы по проектированию бройлерного производства или его реконструкции.

Стоит отметить, что инновационный характер авторской разработки достигается синтезом научной и практической сфер деятельности.

Подводя итоги в обсуждении четвертого периода хочется отметить, что внедрение инновации модели позволяет предприятию значительно снизить себестоимость процессов разработки и внедрения системы управления безопасностью. Так же обозначим, что предлагаемая разработка способствует увеличению объема реализации за счет положительных следствий, определенных такими факторами: 1) уменьшение производственных рисков; 2) экономия затрат связанных с разработкой и внедрением системы; 3) увеличение при-



Рис.3. Структура модели «НАССР – бройлерное производство»

были за счет уменьшения доли не качественной и опасной для здоровья продукции; 4) преобразования продукции в бренд.

Важно отметить, что в процессе внедрения системы изменяется психология сотрудников, приходит осознание важности вопросов, формируется понимание того, каким должно быть современное предприятие для достижения максимальной результативности в обеспечении безопасности пищевых продуктов.

В результате исследования эволюции системы управления безопасностью пищевой продукции, определены основные четыре периода: базовый, период формирования комплексного подхода в управлении безопасностью, период интеграции и инновационный период, которые были сформированы в условиях трансформации концепции НАССР.

Подводя итоги исследования, скажем, что актуальной проблемой обеспечения безопасности пищевой продукции является разработка и научное обоснование модельных систем управления безопасностью пищевой продукции, обладающих инновационными признаками и способствующих процессу оптимизации производственных условий, а вместе влияю-

щих на процесс формирования рынка безопасной продукции для здоровья нации.

## Литература:

1. Баль-Прилипко, Л. В. К вопросу о производстве и создании здоровых, экологически чистых мясных продуктов / Л. В. Баль-Прилипко, В. И. Задорожный, Л. В. Онищенко // Мясной бизнес. – 2006. – № 8. – С. –36–37.
2. Директива Европейского союза 93/43 О гигиенических требованиях к пищевым продуктам. // Официальное издание. - принята 14 июня 1993 Небалуева Л. А. Система менеджмента безопасности: технология разработки / Л. А. Небалуева // Методы менеджмента качества. – 2005. – №8. – С. 23-25.
3. Мунтавиллов СИ., Васюков М.С. НАССР и система менеджмента качества: единство или альтернатива? // Стандарты и качество. - 2005. - №12, с. 40-41
4. Свідомство про реєстрацію авторського права. Модель системи управління без-печністю «НАССР-бройлерне виробництво» №45315; заяв. 26.06.2012; опубл. 27.08.2012.
5. Generic HACCP Model for Meat and Poultry Products with Secondary Inhibitors, not shelf stable – Режим доступа: <http://www.fsis.usda.gov/index.htm>.

Таратин В.В.,  
канд. техн. наук, доцент  
Северный (Арктический)  
федеральный университет  
имени  
М. В. Ломоносова, Россия

## АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

*Получены аналитические зависимости и выполнена оценка влияния режимных параметров на фактические и номинальные динамические углы резания лесопильных агрегатов, а также на угол среза технологической щепы. Выполнена оценка влияния режимных параметров на качество продукции.*

**Ключевые слова:** лесопильные агрегаты, цилиндрические фрезы, углы резания, угол среза технологической щепы.

*Analytical relations allowing to estimate the character of condition parameters on the actual and data-sheet dynamic cutting angles sawmill aggregates (Chip-N-Saw) machine, as well as on angle of the cut wood chips has been obtained. The influence of condition parameters on quality product of sawmill aggregates machine has been obtained.*

**Keywords:** sawmill aggregates, cylindrical milling cutters, cutting angles, angle of the cut wood chips.

Участник конференции  
Национального первенства  
по научной аналитике  
Открытого  
Европейско-Азиатского  
первенства по научной  
аналитике

Важной задачей совершенствования конструкции лесопильных агрегатов и инструмента является обоснованный выбор режимных параметров переработки брёвен и брусев при продольном цилиндрическом фрезеровании с учётом параметров обрабатываемого сырья, его физико-механических свойств, требований к качеству продукции. Исходя из этого, определяются режимы переработки, включая кинематические параметры резания (скорости резания  $V$  и подачи  $U$ ), взаимное расположение инструмента и предмета переработки (кинематические углы встречи  $Q$  – углы между векторами скоростей резания и подачи), параметры конструкции фрез. К этим параметрам относятся: диаметры (радиусы) резания  $D$  ( $R$ ); рабочая ширина фрез  $h_r$ ; угол резания в основной секущей плоскости фрезы (в плоскости движения, перпендикулярной оси вращения фрезы)  $\delta_s$ ; угол разворота главной режущей кромки резца относительно оси вращения фрезы  $\lambda$  и некоторые другие (углы заострения кромок, углы резания боковых кромки резца и т. д.).

Для получения качественных пиломатериалов на лесопильных агрегатах особенно тонких боковых досок, разнотолщинность которых не должна превышать  $\pm 1$  мм, очень важным является исключение ненормированной подачи обрабатываемого материала на фрезы и пиковых значений силы резания, вызывающих в ряде случаев перебазирование бревен и брусев при

обработке на фрезернопильном оборудовании.

Для исключения ненормированной подачи обрабатываемого материала на фрезы автором предложены ресурсосберегающие торцово-конические (конические) фрезы (патент РФ № 1782732 [1]) с литыми профилируемыми корпусами.

Переходы корпусов фрез между резцами оформлены по криволинейным поверхностям по спирали Архимеда

$$\rho = R - U_z \sin Q Z^1 w, \quad (1)$$

где  $\rho$  – текущий радиус-вектор спирали Архимеда, мм;

$R$  – радиус резания фрезы в плоскости движения, мм;

$U_z$  – подача на резец фрезы, мм;

$Q$  – кинематический угол встречи, град,

$w$  – текущий угол поворота фрезы, град;

$Z^1$  – число резцов в одном ряду.

Указанное техническое решение по зависимости (1) целесообразно использовать и в конструкции цилиндрических фрез лесопильных агрегатов. Оно исключит надёргивание перерабатываемого материала на инструмент при больших пиковых силах резания (например, переработка мёрзлой древесины), снизит неравномерность силы резания при работе инструмента, что положительным образом скажется на качестве пиломатериалов и технологической щепы.

Для обеспечения требуемой стан-

дартном шероховатости пиломатериалов, вырабатываемых на лесопильных агрегатах, они оснащаются трёхкромочными резцами (с главной режущей кромкой параллельной оси вращения фрезы и двумя боковыми кромками, находящимися в плоскости движения фрезы), формирующими поверхности пиломатериалов. При применении прорезных цилиндрических фрез, формирующих пласти брусев (для выработки пиломатериалов по ГОСТ 26002-83Э), их целесообразно оснащать специальными прорезными или зачистными пильными дисками по патенту РФ № 1159777 [2].

Инструмент в этом случае становится комбинированным. Пильные диски, установленные на торцах фрез в отличие от обычных круглых пил, установленных в делительных узлах ФПО, работают в условиях не закрытого, а полузакрытого (менее энергозатратного) резания. Кроме этого значительно повышается их устойчивость за счет крепления пильных дисков к корпусу фрезы. Поэтому снимаются ограничения по выбору кинематических параметров инструмента (скоростей  $U$  и  $V$ ) по условию устойчивости пил. Остаются лишь ограничения на скорость подачи по условию работоспособности пил, допустимого уровня шероховатости поверхности пиломатериалов и установленной мощности электродвигателя механизма резания, которые рассчитываются, например, согласно методическим положениям

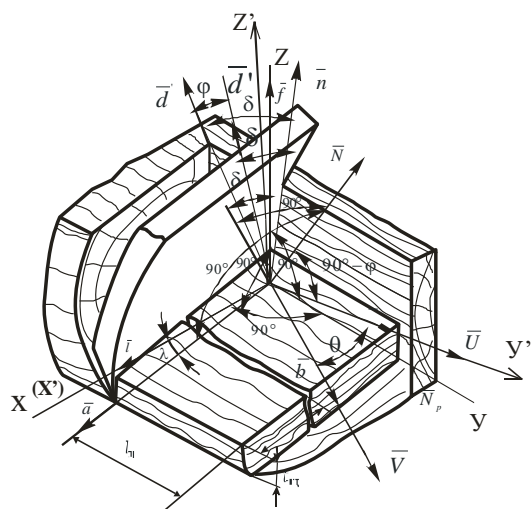
Геометрические параметры технологической щепы для ЦБП: длина щепы  $l_{щ}$ , угол среза щепы  $\varphi_{щ}$ , а также ее однородность по размерам (фракционный состав) регламентируются ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия».

$$l_{ij} = U_z = 10^3 U n Z^l, \quad (2)$$

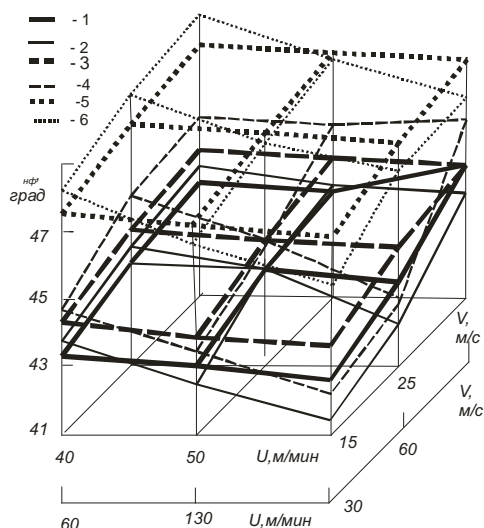
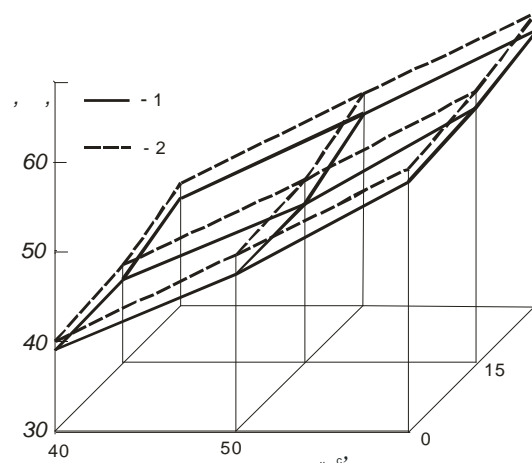
Однородность щепы зависит от постоянства ее длины  $l_{щ}$ , толщины  $t_{щ}$  и ширины  $b_{щ}$ .

Угол среза щепы для ЦБП фщ по стандарту должен быть от 30 до 60° и зависит от конструктивных параметров  $\delta_0$ ,  $\lambda$ ,  $Q$  [4]. Угол фщ - это угол между направляющим вектором  $C$ , совпадающим с направлением волокон древесины

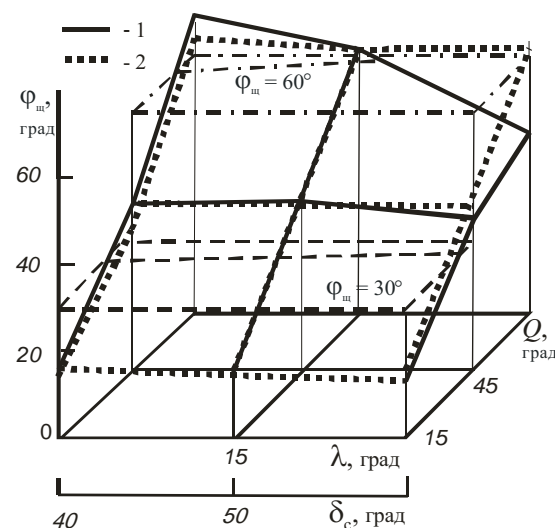
Важной задачей совершенствования конструкции цилиндрических фрез лесопильных агрегатов является обоснованный выбор их угловых параметров и рациональных значений углов резания резцов фрез в плоскостях нормальных к режущим кромкам с учётом траектории относительного движения резца в обрабатываемом материале. Такие углы ре-



**Рис.2. Зависимости  $\delta n_f$  и  $\delta n$  от  $\delta c$  и  $\lambda$  при  $U = 50$  м/мин,  $V = 25$  м/с: 1 -  $\delta n_f$  от  $U, V, Q, \delta c, \lambda$ ; 2 -  $\delta n$  от  $\delta c, \lambda$ .**



**Рис.4. Зависимости угла среза щепы фщ от параметров: 1- фщ от  $\delta c$  и  $Q$  при  $\lambda = 15^\circ$ ; 2 - фщ от  $\lambda$  и  $Q$  при  $\delta c = 50^\circ$ .**





зания в плоскостях нормальных к режущим кромкам, определяют направление нормальных давлений [5]. Они служат факторами, влияющими на показатели стойкости инструмента в зависимости от выбранных углов заострения резцов, а также на показатели качества обрабатываемой поверхности бревна или бруса и на степень деформации торцовых кромок срезаемой щепы в зависимости от задних углов резцов.

Методические положения по определению зависимости номинального динамического  $\delta_n$  и фактического динамического  $\delta_{нф}$  углов резания соответственно от параметров угла резания в основной секущей плоскости  $\delta_c$ , угла разворота лезвия относительно оси вращения фрезы  $\lambda$  и от  $U, V, Q, \delta_c, \lambda$  были рассмотрены ранее [6].

Представим математически методику определения зависимости угла среза щепы  $\varphi_{щ}$  от параметров  $\delta_c, \lambda, Q$ .

Координаты нормали к плоскости резания в статике (плоскости среза щепы)  $N_{cp}$  с учётом преобразования координат векторов и из вспомогательной системы -  $X'Y'Z'$  в основную систему координат  $XYZ$ :

$$N_{cp} \{A_{cp}, B_{cp}, C_{cp}\} = \bar{a} \times \bar{b} =$$

$$\begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ l_1 & 0 & n_1 \\ 0 & m_2 & n_2 \end{vmatrix} =$$

$$m_2 n_1 \bar{i} + l_1 n_2 \bar{j} + l_1 m_2 \bar{k} =$$

$$\begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ (\cos \lambda - \sin \lambda) \cos(Q + \delta_c) - \sin \lambda & 0 & \cos Q \\ 0 & \cos Q & -\sin Q \end{vmatrix}$$

$$= [-\sin \lambda \cos(Q + \delta_c) + \cos Q \sin \lambda \sin(Q + \delta_c)] \bar{i}$$

$$+ \sin Q (\cos \lambda - \sin \lambda) \bar{j} +$$

$$\cos Q (\cos \lambda - \sin \lambda) \bar{k}$$

Зависимость угла среза щепы  $\varphi_{щ}$  от координат  $N_{cp}$ :

$$\varphi_{щ} = \arcsin [B_{cp} (A_{cp}^2 + B_{cp}^2 + C_{cp}^2)^{-0.5}]$$

После  $N_{cp}$  подстановки координат  $\{A_{cp}, B_{cp}, C_{cp}\}$  и математических преобразований в окончательном виде зависимость  $\varphi_{щ}$  от  $\delta_c, \lambda, Q$  пред-

ставлена следующим выражением:

$$\varphi_{щ} = \arcsin \{ \sin Q \sin \lambda \cos(Q + \delta_c) - \cos Q \sin \lambda \sin(Q + \delta_c) \}^2 + (\cos \lambda - \sin \lambda)^2 \}^{-0.5} \quad (3)$$

Результаты определения углов резания  $\delta_n$  и  $\delta_{нф}$  соответственно от параметров  $\delta_c, \lambda$  и от  $U, V, Q, \delta_c$ , и угла среза щепы  $\varphi_{щ}$  от параметров  $\delta_c, \lambda, Q$  по зависимости (3) представлены на рис. 2 - 4. В качестве центральных и граничных значений диапазонов изменения углов  $\delta_c$  и  $Q$ , а для диапазонов  $V$  и  $U$  соответственно  $15 \leq V \leq 30$  (м/с) и  $40 \leq U \leq 60$  (м/мин) взяты рекомендуемые значения этих параметров [7-12]. Для параметров  $V$  и  $U$  (рис. 3) соответственно диапазоны  $30 \leq V \leq 90$  (м/с) и  $60 \leq U \leq 200$  (м/мин) приняты исходя из возможных по техническим характеристикам значений без учёта качественных показателей продукции. Центральное значение угла  $\lambda$  принято равным  $15^\circ$ , что соответствует рекомендуемой величине угла для формирования цилиндрическими фрезами ступенчатого двухкантного бруса и его горизонтальной поверхности. Граничное значение  $\lambda = 30^\circ$  соответствует рекомендуемому значению угла для формирования боковых пластей четырёхкантного бруса [4,111].

Увеличение угла резания в основной секущей плоскости  $\delta_c$  и угла разворота главной режущей кромки резца  $\lambda$  (рис. 2) ведёт к возрастанию номинального и фактического динамических углов резания  $\delta_n$  и  $\delta_{нф}$ . Эти зависимости носят линейный характер при  $\delta_c = 50^\circ, 60^\circ$  и увеличении угла  $\lambda$  в диапазоне  $0...30^\circ$  или при  $\delta_c = 40^\circ$  - слегка выраженный криволинейный характер. Наибольшее влияние на  $\delta_n$  и  $\delta_{нф}$  оказывает угол  $\delta_c$ . Так в диапазоне  $\delta_c$  от  $40^\circ$  до  $60^\circ$  при  $\lambda = 0^\circ$  угол  $\delta_n$  увеличивается на  $50,0\%$ , при  $\lambda = 30^\circ$  - на  $44,1\%$ . Влияние угла  $\lambda$  на  $\delta_n$  и  $\delta_{нф}$  несколько меньше, чем угла  $\delta_c$ , но также значительное. В диапазоне  $\lambda$  от  $0^\circ$  до  $30^\circ$  при  $\delta_c = 40^\circ$  угол  $\delta_n$  увеличивается на  $10,3\%$ , а при  $\delta_c = 60^\circ$  - на  $5,67\%$ .

Изменение режимных параметров процесса фрезерования - скоростей подачи  $U$  и резания  $V$ , а также кинематического угла встречи  $Q$  не столь значительно сказывается на фактиче-

ском динамическом угле резания  $\delta_{нф}$ , как  $\delta_c, \lambda$  на  $\delta_n$  и  $\delta_{нф}$  (рис. 3). При постоянных значениях  $\delta_c = 45^\circ, \lambda = 0^\circ$  это влияние характеризуется следующим образом. В диапазоне  $U$  от 40 до 60 м/мин при  $V = 15$  м/с (рис. 3, зависимости 1, 3, 5) угол  $\delta_{нф}$  уменьшается на  $1,84\%$ , а при  $V = 35$  м/с - на  $0,90\%$ . В диапазоне  $V$  от 15 до 35 м/с при  $U = 40$  м/мин угол  $\delta_{нф}$  увеличивается на  $2,07\%$ , а при  $U = 60$  м/мин - на  $3,05\%$ . В диапазонах  $U$  от 60 до 200 м/мин и  $V$  от 30 до 90 м/с (рис. 3, зависимости 2, 4, 6) характер зависимостей существенно не меняется, угол  $\delta_{нф}$  изменяется в пределах  $2 - 4\%$ .

Приведенные результаты расчетов и анализ конструкций цилиндрических фрез показывают, что углы заострения резцов фрез не должны превышать  $38 - 40^\circ$ , чтобы избежать отрицательного влияния на процесс фрезерования и режущий инструмент фактического заднего угла резания, величина которого должна быть не менее  $2,5 - 4,0^\circ$ .

Результаты вычислений по зависимости (3) показали (рис. 4), что наибольшее влияние на показатель  $\varphi_{щ}$  оказывает кинематический угол встречи  $Q$ . В диапазонах углов  $Q$  от  $15^\circ$  до  $75^\circ$  этот оценочный показатель увеличивается от 3,77 раза при  $\lambda = 15^\circ$ , до 4,62 раза при  $\lambda = 30^\circ$ , причем эта зависимость имеет в основном линейный характер, но с увеличением  $\lambda$  приобретает слегка выраженный криволинейный характер. Углы  $\delta_c$  и  $\lambda$  оказывают значительно меньшее влияние на  $\varphi_{щ}$ , чем кинематический угол встречи  $Q$ . Так, в диапазоне  $\delta_c$  от  $40^\circ$  до  $60^\circ$  угол  $\varphi_{щ}$  уменьшается на  $2,16\%$  при  $Q = 15^\circ, \lambda = 15^\circ$  и на  $3,35\%$  при  $Q = 60^\circ, \lambda = 15^\circ$ ; в диапазоне  $\lambda$  от  $0^\circ$  до  $15^\circ$  - на  $4,48\%$ ; в диапазоне  $\lambda$  от  $15^\circ$  до  $30^\circ$  при  $Q = 45^\circ, \delta_c = 50^\circ$  - на  $20,2\%$ .

Допустимые значения угла  $\varphi_{щ}$  принимает в следующих диапазонах  $Q$ : от  $30^\circ$  до  $60^\circ$  при  $\lambda = 0^\circ, \delta_c = 50^\circ$ ; от  $35,9^\circ$  до  $64,5^\circ$  при  $\lambda = 15^\circ, \delta_c = 50^\circ$ ; от  $37,5^\circ$  до  $75,0^\circ$  при  $\lambda = 15^\circ, \delta_c = 60^\circ$ .

Результаты расчётов по формуле (3) полностью соответствуют значениям угла  $\varphi_{щ}$  по номограмме [7] на основании опытных замеров углов на пласти  $\varphi_n$  и кромке  $\varphi_k$  щепы.

Приведённая методика и полученные зависимости позволяют аналитически

определять влияние режимных параметров: кинематики (скоростей резания и подачи), взаимного расположения инструмента и предмета переработки (кинематических углов встречи), исходных угловых параметров резцов цилиндрических фрез на фактические и номинальные динамические углы резания процесса продольного цилиндрического фрезерования лесопильных агрегатов и на угол среза технологической щепы. Эти уравнения могут быть использованы как составляющие системы зависимостей для совершенствования фрезерного инструмента агрегатного лесопильного оборудования, а также нахождения оптимальных значений его параметров.

## Литература:

1. Пат. 1782732 Российская Федерация, МПК4 В27, G13/02, 13/04. Торцово-коническая малоножевая фреза [Текст] / В.В. Таратин, А.П. Тарутин; заявитель и патентообладатель Центральный науч.-исслед. ин-т механ. обраб. древ. - № 4840963/15; заявл. 23.12.90; опубл. 23.12.92, Бюл. № 47. - 47 с.
2. Пат. 1159777 Российская Федерация, МПК4 В27, В33/08. Комбинированный инструмент [Текст] / В.В. Таратин, А.П. Тарутин, С.А. Маточкин, МП. Авксентьев; заявитель и патентообладатель Центральный науч.-исслед. ин-т механ. обраб. древ. - № 3572772/29-15; заявл. 04.04.83; опубл. 07.06.85, Бюл. № 21. - 32 с.

3. Стахив, Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил [Текст] / Ю.М. Стахив. - М., Лесн. пром-ть, 1989. - 384 с. Таратин, В.В. Влияние геометрических параметров фрезерного инструмента агрегатного оборудования на величину угла среза технологической щепы [Текст] / В.В. Таратин // Лесн. журн. - 1997. - № 3. - С. 64-69. (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Таратин, В.В. Влияние геометрических параметров фрезерного инструмента агрегатного оборудования на величину угла среза технологической щепы [Текст] / В.В. Таратин // Лесн. журн. - 1997. - № 3. - С. 64-69. (Изв. высш. учеб. заведений).

5. Грубе, А.Э. Дереворежущие инструменты [Текст] / А.Э. Грубе. - М.: Лесная промышленность, 1971. - 334 с.

6. Таратин В.В. Определение кинематических и ряда других параметров на фактические углы резания цилиндрических фрез лесопильных агрегатов / В.В. Таратин // Space and time - coordinate system of human development: Materials digest of the VIII International Research and Practice Conference (Kiev, London, August 25 - September 1, 2011). Technical, physical and mathematical sciences / All - Ukrainian Academic Union of specialists for professional assessment of scientific research and pedagogical activity/ InPress. London, 2011. - P. 46-

50.

7. Боровиков, Е.М. Лесопиление на агрегатном оборудовании [Текст] / Е.М. Боровиков, Л.А. Фефилов, В.В., Шестаков. - М.: Лесная промышленность, 1985. - 216 с.

8. Таратин, В.В. Лесопильные агрегаты: современное состояние и тенденции их совершенствования [Текст] / В.В. Таратин // Деревообраб. пром-сть. - 1998. - №1. - С. 3-6.

9. Таратин, В.В. Применение системного подхода к исследованию разнотипных фрез лесопильных агрегатов [Текст] / В.В. Таратин // Деревообраб. пром-сть. - 1998. - №6. - С. 9-12.

10. Таратин, В.В. Определение фактических углов резания торцово-конических фрез агрегатного лесопильного оборудования [Текст] / В.В. Таратин // Лесн. журн. - 1995. - № 2-3. - С. 78-83. (Изв. высш. учеб. заведений).

11. Елькин, В.П. Повышение эффективности фрезернопильного оборудования на основе разработки конструкций цилиндрических фрез для получения технологической щепы [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.П. Елькин, - Л., 1989. - 17 с.

12. Таратин, В.В. Обоснование скорости подачи фрезернопильного оборудования с учётом энергозатрат выработки продукции [Текст] / В.В. Таратин // Наука Северному региону: Сб. науч. тр. АГТУ, вып. 62 - Архангельск, АГТУ, 2005, С. 158 - 161.



Титова Е.С.,  
ведущий инженер  
Институт черной металлургии  
Национальной академии  
наук Украины, Украина  
Титова Т.М.,  
канд. техн. наук, доцент  
Днепропетровский  
государственный техниче-  
ский университет, Украина

Участник конференции  
Национального первенства  
по научной аналитике  
Открытого Европейско-Азиат-  
ского первенства  
по научной аналитике

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СРЕДСТВ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ СОЗДАНИИ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАНО- СТРУКТУРИРОВАННОЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

*Представлены результаты оптимизации технологических параметров непрерывной разливки, полученные на основании изучения теплофизических процессов затвердевания непрерывнолитой биметаллической сталемедной заготовки с использованием математического моделирования. Для оценки эффективности воздействия наночастиц на микроструктуру литых биметаллов привлечены средства современной электронной микроскопии.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, электронная микроскопия, затвердевание, наночастицы, микроструктура.

*The results of optimization of process parameters of continuous casting, obtained on the basis of studies of thermal solidification processes of continuously steel-copper bimetallic billets using mathematical modeling are submitted. Tools of modern electron microscopy involved to assess the effectiveness of the impact of nanoparticles on the microstructure of cast composite metals.*

**Keywords:** mathematical modeling, electronic microscopy, solidification, nanoparticles, microstructure.

В наш век, несмотря на разнообразие имеющихся материалов и появление новых, металлы и металлические сплавы, в частности, сталь, продолжают оставаться основным конструкционным материалом, возможности которого реализованы еще не в полной мере. При этом в ряде промышленно развитых стран металлургия является базовой отраслью экономики. В частности, в Украине вклад металлургии в ВВП составляет примерно 1/3 и 1/4 – валютных поступлений в бюджет страны. Суть основной проблемы, решаемой сегодня мировой металлургией, состоит в поиске инновационных экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий производства конкурентоспособной металлопродукции. Существенное истощение повсеместно запасов природных ископаемых, требует бережного отношения к природным ресурсам и поиска альтернативной их замены при одновременном удовлетворении постоянно ужесточающихся требований со стороны металлопотребляющих отраслей промышленности, техники и пр. к уровню физико-механических и эксплуатационных свойств металлопродукции.

Одним из эффективных путей решения рассматриваемой проблемы является разработка технологий и производство композиционных металлоизделий и, в частности, наноструктуриро-

ванных и биметаллических. Такой подход позволяет получить металлопродукцию с принципиально новым уровнем требуемых свойств, недостижимых в обычных металлических материалах, или требующих существенных затрат дорогостоящих компонентов. Для производства композитной биметаллической продукции, рассчитанной на массового потребителя, целесообразно использовать технологию получения слоистых заготовок в процессе непрерывного литья. Нами рассмотрен вариант получения сталемедных заготовок, представляющих собой медную наноструктурированную матрицу, армированную по центру стальной вставкой, что обеспечивает, одновременно, повышение износостойкости и конструктивной прочности композита [1].

В условиях отсутствия собственных разработок меди на Украине, периодическом дефиците и постоянно растущей цене на нее на мировом рынке, а также росте потребности в медной продукции особую актуальность приобретает переработка вторичных медных отходов. Одним из возможных вариантов решения проблемы увеличения объема производства высокопрочных медных заготовок, по размерам, близким к размерам готовых изделий, является их получение в процессе непрерывной или полунепрерывной разливки меди. Хорошо известно, что

широкое и повсеместное использование меди в различных отраслях промышленности и техники во всем мире обусловлено, прежде всего, ее высокой электро- и теплопроводностью. Однако низкие прочностные характеристики не позволяют использовать этот металл в условиях высоких динамических нагрузок. Области применения этого, практически незаменимого, металла можно значительно расширить, повысив прочностные свойства меди. Применяемые обычно методы упрочнения меди либо практически исчерпали свои возможности (термоупрочнение, легирование), либо (армирование) ведут к потере ее электропроводности. Для избежания этого негативного явления нами предпринята попытка наноструктурирования меди в процессе воздействия наночастиц тугоплавких соединений на ее расплав.

Создание и отработка технологии получения принципиально нового вида металлопродукции, начиная со стадии выплавки и разливки металла, в частности, отработка параметров технологии получения медных и сталемедных непрерывнолитых заготовок в реальных условиях производства, связаны с большими материальными и финансовыми затратами и усложняется «работой» с высокотемпературными и непрозрачными расплавами металлов. В данной ситуации

целесообразно прибегнуть к математическому моделированию, как наиболее эффективному и рациональному приему решения такого рода задач.

Анализ современных публикаций не позволил выявить наличие математических моделей описания процесса затвердевания сталемедной заготовки, получаемой в процессе взаимодействия расплава меди со стальной вставкой. Поставленная в работе цель, состоящая в определении особенностей влияния теплофизических параметров литья на процесс затвердевания сталемедной заготовки в кристаллизаторе для оптимизации параметров разрабатываемой технологии, достигается посредством создания соответствующей базовой математической модели, описывающей теплофизические процессы, происходящие в водоохлаждаемом кристаллизаторе с учетом кристаллизации и плавления заготовки. Математическая модель включает уравнения

передачи теплоты для медного расплава, стальной вставки, внутренней и внешней медной стенки кристаллизатора с соответствующими краевыми условиями. Учен также тепловой поток, отведенный от стенки кристаллизатора к воде, а также возможные наплавка слоя меди на стальную вставку и подплавление медной оболочки. Для описания перемещения фронта кристаллизации в формирующейся заготовке введен эффективный коэффициент теплопроводности в двухфазной среде, учитывающий механизм массопереноса тепла по длине заготовки [2]. При этом исходили из предположения, что ввод в медный расплав незначительного количества (тысячные доли %) мелкодисперсных частиц тугоплавких соединений нанометрового диапазона не окажет существенного влияния на температуру и скорость вытягивания затвердевающей заготовки.

Численные и графические расчеты,

выполненные по программе реализации математической модели, позволили определить параметры технологического процесса и условия управления процессом образования затвердевающей корочки посредством изменения скорости вытягивания заготовки, а также, зная необходимую минимальную толщину корочки, определить максимальную скорость вытягивания, при которой невозможен прорыв оболочки заготовки. Изменение же температурных параметров литья, режима охлаждения и скорости вытягивания заготовки позволяет управлять процессами продвижения фронта кристаллизации и температурой заготовки на выходе из кристаллизатора, которые могут оказывать значительное воздействие на качество получаемой заготовки. В качестве примера на рис. 1 показано определение оптимальной скорости вытягивания сталемедной заготовки ( $V_{\text{выт.}}$ ) при изменении расхода воды ( $G$ ) – (верхние ко-

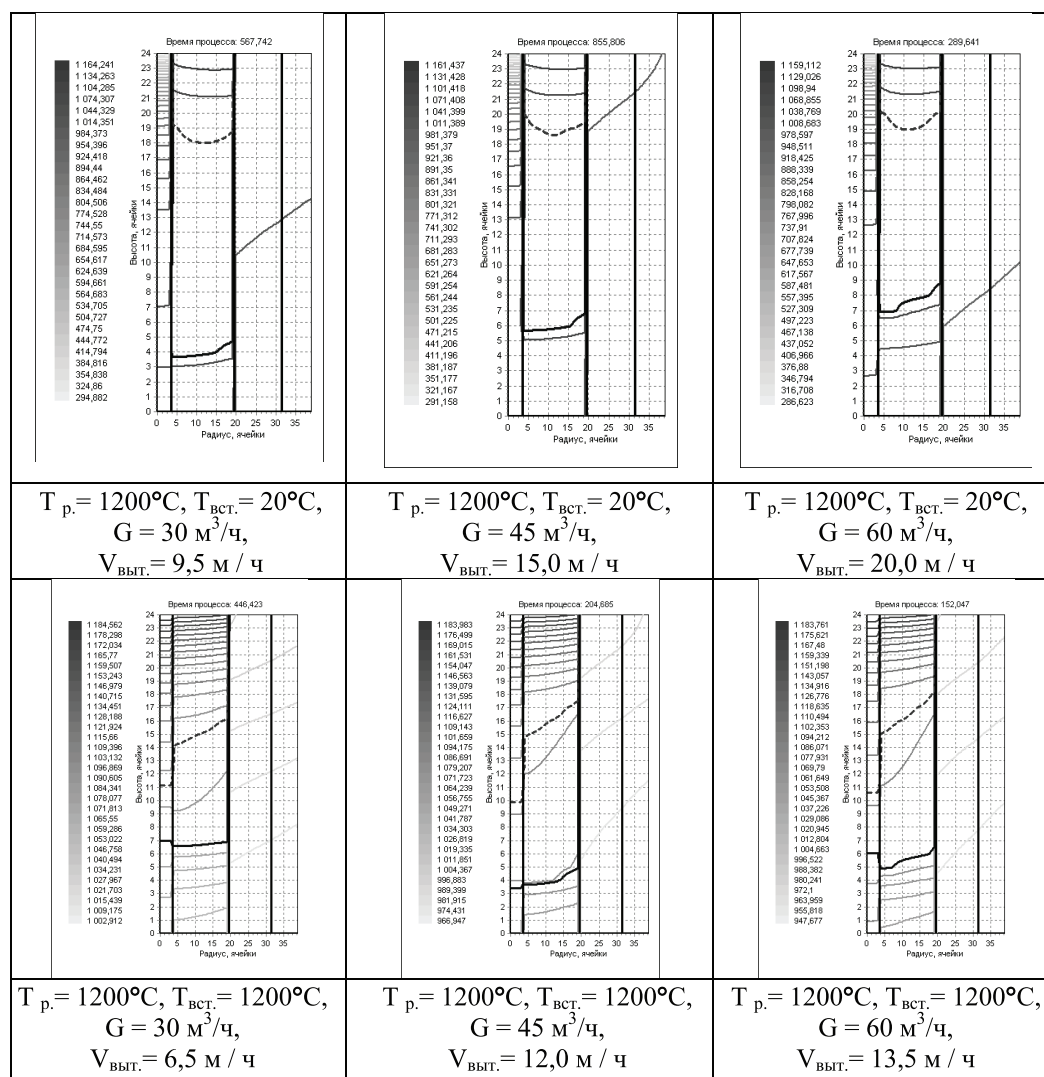


Рис. 1. Изменение параметров разливки и затвердевания сталемедной заготовки.



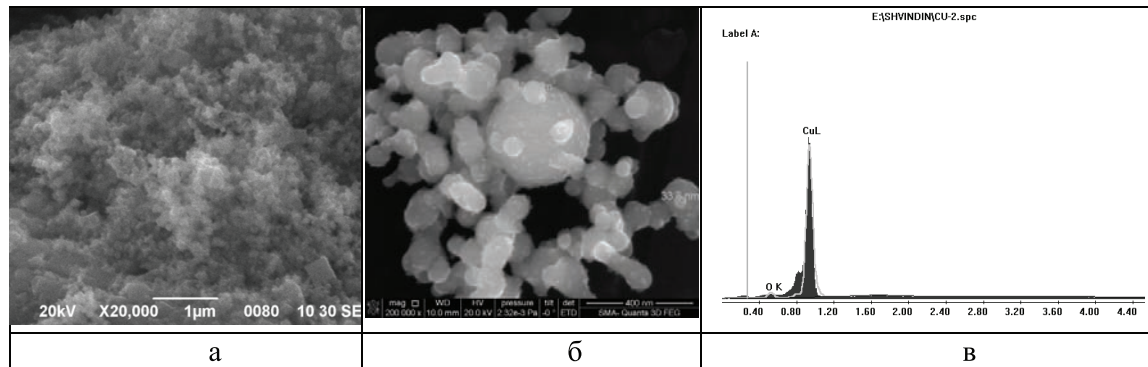


Рис. 2. Общий вид и размер ультрадисперсных частиц TiCN (а – увел. 20 000) и наночастиц меди (б – увел. 200 000); состав наночастиц меди (в).

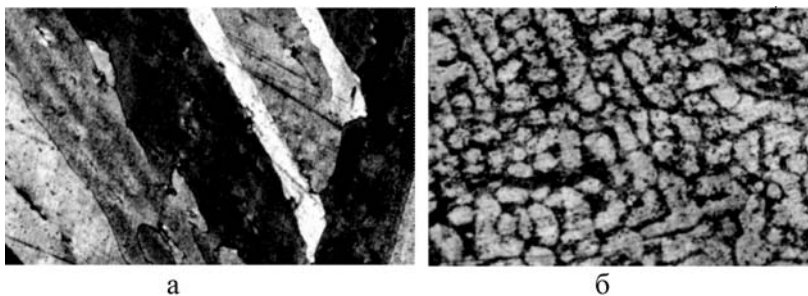


Рис. 3. Микроструктура меди без присадок наночастиц (а) и наноструктурированной наночастицами меди (б).

лонки) и температуры нагрева стальной вставки (Твст.) – (нижние колонки). Разработанная модель может быть использована для математического моделирования параметров технологий, предусматривающих формирование в кристаллизаторе непрерывнолитой заготовки из других металлов или их композиций.

Ввиду отсутствия общепризнанной теории модифицирования, наноструктурирования и направленного изменения структуры металлов и сплавов с помощью ультрадисперсных добавок особую актуальность представляет детальное исследование микроструктуры металлических композитов с предварительно введенными в них наночастицами, исследование которых стало возможным только благодаря появлению современных средств электронной микроскопии. Это, несомненно, позволит продвинуться по пути разработки теоретических основ наноструктурирования высокотемпературных металлических расплавов и понимания механизма воздействия наночастиц на их микроструктуру в процессе затвердевания, что представляет значительный научный и практический интерес, прежде всего, для грамотного и целенаправленного эффективного использования таких высокоактивных реагентов в металлургии.

При исследовании полученных литых сталемедных заготовок с введенными наночастицами различных тугоплавких соединений преследовали, прежде всего, цель определения эффективности воздействия последних на микроструктуру меди. При этом оценочной характеристикой являлась степень дисперсности микроструктуры меди. С помощью средств современной электронной микроскопии: растрового электронного микроскопа Ultra plus фирмы Carl Zeiss, японского микроанализатора нового поколения фирмы Jeol, а также микрорентгеноспектрального анализа (Camebax) уточнен состав и морфология вводимых ультрадисперсных частиц, полученных плазмохимическим синтезом. (Рис. 2 иллюстрирует морфологию и размер вводимых наночастиц).

В ходе проведенного металлографического исследования обнаружено существенное измельчение микроструктуры меди (в 5-10 раз) под действием наночастиц меди, карбидов кремния, бора и карбонитридов титана (рис. 3).

Результаты микрорентгеноспектрального анализа и замеры микротвердости зоны контакта слоев сталемедного композита свидетельствуют о ее прочности и надежности.

Ввод в медный расплав наночастиц,

обеспечивающих получение однородной мелкодисперсной микроструктуры во всем объеме подвергнутого воздействию слитка (заготовки), может быть существенным резервом повышения качества металлопродукции.

Изучение теплофизических процессов затвердевания и микроструктуры биметаллических заготовок с наноструктурированным поверхностным слоем с помощью математического моделирования и средств современной электронной микроскопии обеспечивают активное воздействие на процесс кристаллизации непрерывного слитка непосредственно по ходу разлива с гарантированной возможностью управления процессом структурообразования формирующихся композитных непрерывнолитых заготовок. Выполненные исследования показали, что получение качественно нового состояния традиционно используемой меди на основе формирования и самоорганизации упрочняющих наноструктур представляет важнейший компонент повышения конкурентоспособности медных изделий на мировом рынке.

#### Литература:

1. Титова Е.С., Титова Т.М. Концепция технологии получения литых наноструктурированных сталемедных композитов и ее поэтапная реализация / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – №7. – С. 184-186.
2. Титова Е.С. Математическое моделирование процесса затвердевания медных и сталемедных заготовок при непрерывном литье / Е.С. Титова Е.С., А.Н. Сокол, Т.М. Титова [и др.] / Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип.42. – 324с. – С.274 – 278.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

Дубровский В.А.,  
д-р техн. наук,  
доцент  
Третьяк Н.В.,  
аспирант  
Чернецкий М.Ю.,  
канд. техн. наук,  
преподаватель  
Сибирский федеральный  
университет, Россия

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике

*Работа посвящена исследованию горелочного устройства с предварительной термической подготовкой потока угольной пыли, предназначенного для сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна на тепловых электростанциях (ТЭС). Выполнено численное моделирование муфельной части горелочного устройства с целью уточнения конструкции и определения необходимых режимов работы исследуемого объекта.*

**Ключевые слова:** численное моделирование, энергосбережение, горелочное устройство, термическая подготовка угля, сжигание угля, математическая модель.

*Now the problem of replacement of masut is actual at a kindling and illumination of a jet of furnace of boiler by cheap coals of Kansk-Achinsk basin, which cost more than 10 times less cost of liquid fuel - masut. Work is survey research burners with preliminary thermal pre-treatment of a stream of the pulverized coal intended for burning of brown coals of Kansk-Achinsk basin on thermal power plant. Numerical modelling muffle parts burner for the purpose of specification of a design and definition of necessary operating regime of investigated object is executed. The finding will allow to generate further practical recommendations about creation high-economical energy-efficient universal burners.*

**Keywords:** numerical simulation, energy-saving, burner, coal gasification, coal burning, mathematical model.

В России на пылеугольных тепловых электростанциях для растопки котлов, подсветки факела и стабилизации выхода жидкого шлака ежегодно расходуется более 5 млн. тонн мазута, цена которого непрерывно растет и составляет сейчас более десяти тысяч рублей за тонну. В связи с этим становится очевидным актуальность замены мазута при растопке и подсветке факела топочных камер котельных агрегатов ТЭС дешевыми углями Канско-Ачинского бассейна, стоимость которых в 20-25 раз ниже стоимости жидкого топлива – мазута.

На кафедре «Тепловые электрические станции» Политехнического института Сибирского федерального университета сотрудниками лаборатории «Термическая подготовка углей» усовершенствована технология сжигания канско-ачинских углей (КАУ) с использованием универсальных горелочных устройств, полностью исключающих сжигание жидкого топлива. Такие горелочные устройства могут быть использованы как в режиме растопки и подсветке факела топочных камер котлов, так и в качестве основных горелок. Разработанная технология сжигания КАУ принципиально отличается от системы электрорастопки, испытанной

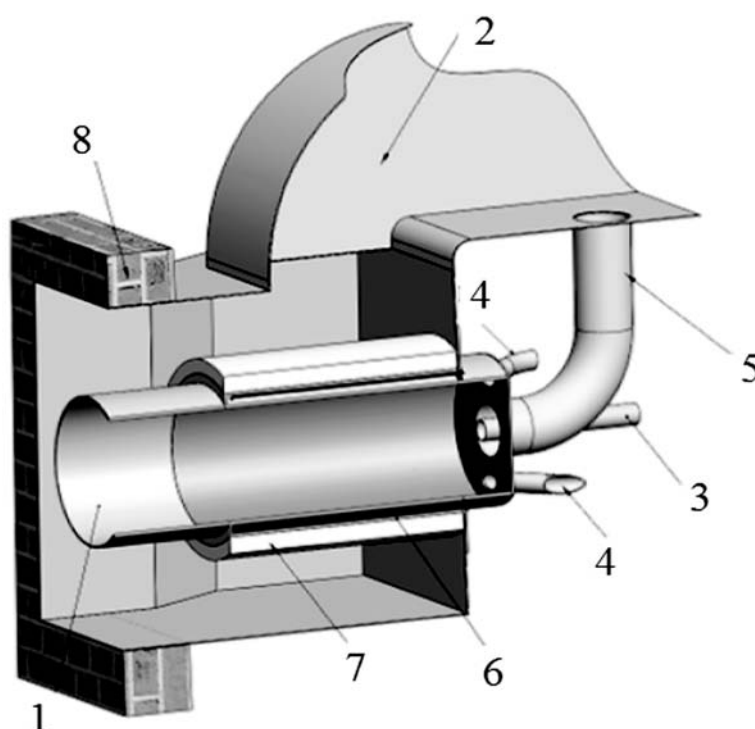


Рис. 1 Эскиз всережимного горелочного устройства

на ТЭЦ-1 г. Красноярск [1].

В данной работе было выполнено трехмерное аэродинамическое моделирование с целью уточнения конструкции

горелочного устройства и численное исследование процесса термической подготовки потока угольной пыли высокой концентрации (ПВП) в муфельной части

горелочного устройства для установления диапазона значений коэффициента избытка воздуха, когда обеспечивается глубокая термическая подготовка топлива и его устойчивое воспламенение.

Всережимное горелочное устройство, эскиз которого представлен на рис.1, предназначено для сжигания высокорективных углей с предварительной термической подготовкой потока угольной пыли высокой концентрации (ПВК) в его муфельной части [2].

Горелочное устройство состоит из муфельной части горелки 1 диаметром 600×8 мм и короба подачи вторичного воздуха 2. Подача угольной пыли осуществляется по пылепроводу 3 диаметром 89×3 мм, который входит в муфельную часть по оси горелки. Регулирование расхода ПВК осуществляется пылепитателем, оборудованном двигателем с частотным приводом. Число оборотов лопастного питателя пыли (ППЛ-5) изменяется от 150 до 1500 об/мин, что соответствует расходам пыли от 0,139 до 1,39 кг/с. Первичный воздух подается тангенциально через воздухопроводы 4 диаметром 89×3 мм, расположенные на торцевой стенке горелочного устройства. По трубопроводу 5 диаметром 219×5 мм соосно пылепроводу 3 поступает воздух от короба вторичного воздуха 2. Для регулирования расхода первичного воздуха предусмотрена установка запорно-регулирующей аппаратуры, что позволяет варьировать значение коэффициента избытка воздуха, изменяя глубину газификации потока угольной пыли.

В начальный период работы горелки разогрев стенки муфельной части производится системой электронагрева 6 до температур 600–700°C.

По нашему мнению за счет излучения от стенок муфеля частично происходит прогрев потока пыли высокой концентрации и выход летучих веществ из угля при коэффициенте избытка воздуха значительно меньших единицы с образованием смеси горючих газов и коксовых частиц.

Температура в пространстве муфеля должна поддерживаться в пределах 800–1000°C, чтобы обеспечить устойчивое воспламенение пылегазового потока на выходе из горелочного устройства при смешении со вторичным воздухом и предотвратить шлакование муфельной части.

Для описания гидродинамики, теп-

лообмена и горения угольной пыли использовалась математическая модель, реализованная в пакете программ SigmaFlow и SigmaFlame [3].

В качестве математической модели для описания течения в муфельной части горелочного устройства была принята модель неизотермического несжимаемого многокомпонентного газа. В рассматриваемой задаче течение газа считается установившимся, поэтому все уравнения записываются в стационарной постановке. Математическая модель включает уравнение неразрывности, уравнения баланса количества движения, уравнение переноса концентрации (массовой доли)  $i$ -го компонента, уравнение переноса энергии.

Как показывает практика расчетов процесса горения в топочной камере, применение  $k-\epsilon$  модели турбулентности позволяет с достаточной степенью точности получить необходимые турбулентные характеристики для потока. В данной работе используется модифицированная высокорейнольдсовая  $k-\epsilon$  модель турбулентности. Для определения пульсационных характеристик течения вблизи стенок был использован метод пристеночных функций. Введение пристеночных функций позволяет не детализировать расчетную сетку вблизи стенок.

Высокий температурный уровень топочной среды и поверхностей обуславливает преобладание радиационного теплообмена. Решение уравнения переноса лучистой энергии базируется на P1 аппроксимации метода сферических гармоник. Коэффициенты поглощения газа вычисляются по модели суммы серых газов.

Расчет горения летучих компонент топлива основан на использовании глобальных необратимых реакций между горючим и окислителем. Скорость горения  $i$ -реагента, в том числе и летучих веществ, определяется с учетом реакционной способности и концентрации горючего и окислителя, а также скорости турбулентного перемешивания топлива и окислителя. Данная модель представляет комбинацию кинетической модели горения газовых компонент с моделью «обрыва вихря» (eddy break up model).

Моделирование движения частиц проводится в рамках лагранжева подхода. Учет влияния турбулентности потока на движение частицы производится введением случайных флуктуаций скорости

газа в уравнение движения. Температура угольной частицы определяется из уравнения сохранения энергии для частицы с учетом конвективного и радиационного теплообмена с окружающим газом. Для описания горения угольной частицы используется модель [4], где горение представляется в виде последовательных стадий: выход влаги, выход летучих и горения коксового остатка. А также используется ряд эмпирических коэффициентов, позволяющих более точно оценить теплообмен и время сгорания угольной частицы.

Для решения уравнений сохранения для газовой фазы используется широко известный метод контрольного объема, суть которого заключается в разбиении расчетной области на контрольные объемы и интегрировании исходных уравнений сохранения по каждому контрольному объему для получения конечно-разностных соотношений. Для вычисления диффузионных потоков на гранях контрольного объема используется центрально-разностная схема, имеющая второй порядок точности. При аппроксимации конвективных членов использовалась схема второго порядка точности. Для решения полученной системы уравнений применен метод неполной факторизации, в котором факторизованы только диагональные члены.

Для осуществления связи поля давления и скорости среды в настоящей работе использовалась SIMPLE-подобная процедура на совмещенных сетках [5]. Устранение осцилляций поля давления, возникающих при использовании совмещенных переменных осуществляется путем использования подхода Рхи-Чоу, при котором в уравнение для поправки давления в правую часть вводится монотонизатор [5]. При движении частиц через контрольный объем формируется источниковый член, через который учитывается обмен импульсом и энергией между газом и дисперсной фазой [6].

#### Результаты

Проведенные численные исследования изотермической задачи движения угольной пыли в объеме муфеля горелки показали, что стабильность потока угольной пыли (отсутствие сепарации угольных частиц на стенки муфеля) обеспечивается подачей первичного воздуха в тангенциальные патрубки.

Получена и оценена масса сепари-

рующих частиц угольной пыли в единицу времени на поверхности муфельной части горелки от угла расположения тангенциального патрубка подачи первичного воздуха. Рассматривалось изменение угла от  $10^\circ$  до  $90^\circ$  с шагом  $10^\circ$ . Полученные данные представлены на рисунке 2.

Увеличение угла ввода патрубка тангенциальной подачи воздуха более  $50^\circ$  приводит к резкому увеличению массы сепарирующихся частиц угля в муфеле. При значениях ниже  $50^\circ$  наблюдается незначительное количество сепарирующихся угольных частиц, масса их составляет в среднем 3–5% от общего количества, поступающего в горелку топ-

лива. Но в тоже время уменьшение угла ввода патрубка менее  $40^\circ$  приводит к возникновению циркуляционных зон в горелочном устройстве и неустойчивости пылевоздушного потока. Это приводит к неравномерному распределению угольных частиц на выходе из муфельной части горелки, и как следствие, к неустойчивому воспламенению в объеме топочной камеры котла.

Таким образом, наилучший угол ввода патрубка тангенциальной подачи первичного воздуха для исследуемого горелочного устройства находится в пределах  $40^\circ$ – $50^\circ$ .

По результатам численного расчета

аэродинамики установлено, что минимальные значения расхода первичного воздуха составляют 300–1000 м<sup>3</sup>/час в патрубках осевой подачи, и не менее 300 м<sup>3</sup>/час в тангенциальные вводы.

Были проведены расчетные исследования по установлению режимов термической подготовки угольной пыли для расходов угольной пыли от 150 до 1500 об/мин (от 0,139 кг/с до 1,39 кг/с).

По полученным результатам определена зависимость коэффициента избытка воздуха от нагрузки пылепитателя, обеспечивающая режим газификации потока угольной пыли (рис.3, кривая 1). Анализ полученных результатов расчета показал, что при значениях коэффициента избытка воздуха выше кривой 1 не наблюдается необходимый прогрев угольной пыли. Это происходит ввиду смещения зоны начала выделения летучих веществ к выходному срезу муфельной части горелки. Кроме того, определены минимально допустимые значения коэффициента избытка воздуха, ниже которых наблюдается процесс сепарации угольных частиц на стенки муфеля (рис. 3, кривая 2).

Таким образом, область между кривой 1 и 2 (рис. 3) определяет диапазон режима работы горелочного устройства с предварительной термической подготовкой топлива, обеспечивающий необходимые условия на выходе из муфеля горелки для устойчивого воспламенения и горения угольной пыли в объеме топочной камеры котла.

Анализ результатов численного исследования показал, что на выходе из горелочного устройства формируется высокотемпературный химически активный двухкомпонентный поток продуктов термической подготовки угля (таблица 1).

При изготовлении опытно-промышленного образца всережимного горелочного устройства были учтены результаты трехмерного аэродинамического моделирования. Горелочное устройство установлено на котле БКЗ-420 ст. №9Б Красноярской ГРЭС -2.

## Закключение

В результате трехмерного математического моделирования аэродинамики универсального горелочного устройства установлено, что при подаче первичного воздуха под углом  $40$ – $50^\circ$  обеспечивается наиболее эффективная закрутка пылеу-

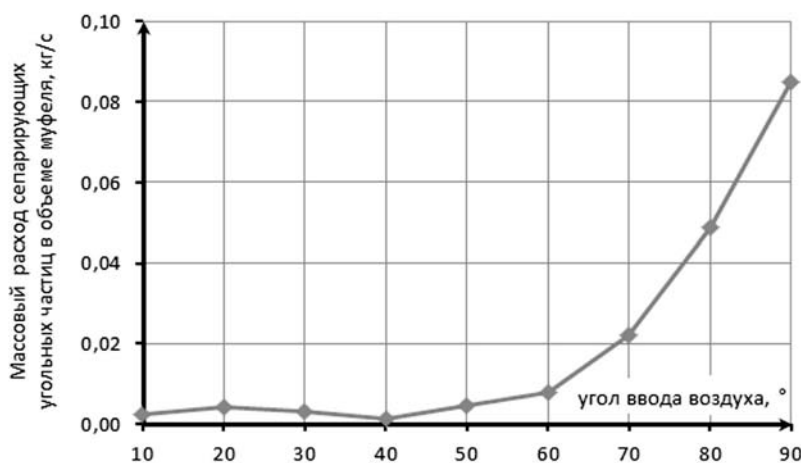


Рис. 2 Зависимость массового расхода сепарирующихся угольных частиц в объеме муфеля от угла расположения тангенциального патрубка подачи первичного воздуха

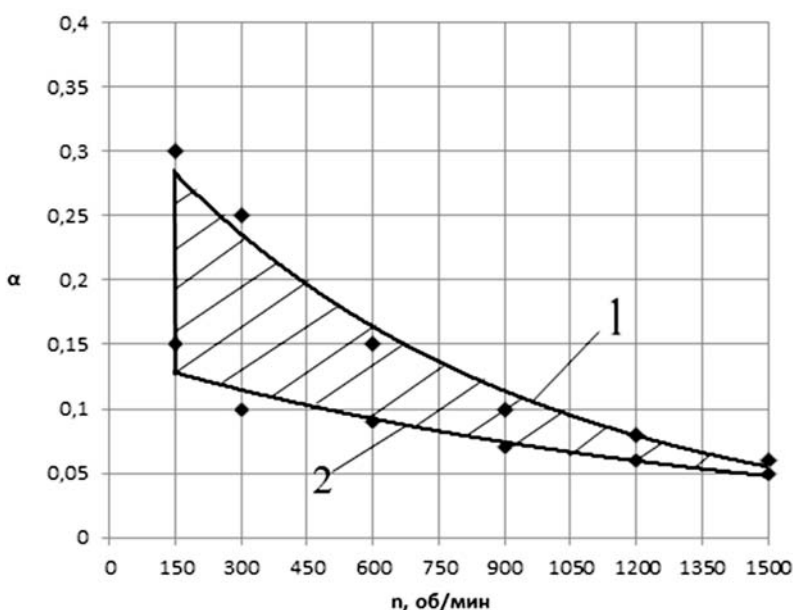


Рис. 3 Диапазон значений коэффициента избытка воздуха в муфельной части горелочного устройства от нагрузки пылепитателя для обеспечения устойчивого процесса тепмоподготовки ПВК.

Таблица 1

Концентрация газов на выходе из муфельной части горелочного устройства, объемные

Нагрузка ППЛ-5 об/мин.	Расход топлива (т/ч)	Коэф. избытка воздуха	Расход воздуха м3/час	CO	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
150	0,5	0,3	650	6,9	6,3	11,7	16,1	0,0	55,5
300	1	0,25	1050	7,4	7	10,5	19	0,0	54,3
600	2	0,15	1300	5,5	10,1	11,1	23,1	0,3	49,2
900	3	0,1	1300	3,4	13,1	11,2	27,5	0,4	43,1
1200	4	0,08	1300	2,4	16,5	12,4	28,1	0,5	39,8
1500	5	0,06	1300	1,7	18,5	12,6	29,1	0,6	37,3

гольного потока.

На основании численных исследований определен диапазон значений коэффициента избытка воздуха от расхода угольной пыли высокой концентрации, когда обеспечивается необходимая глубина термической подготовки потока угольной пыли в муфельной части горелочного устройства.

Хорошим подтверждением численного моделирования послужили пусконаладочные испытания модернизированного универсального горелочного устройства на котле БКЗ-420 Красноярской ГРЭС-2, в результате которых удалось исключить сепарацию угольной пыли на стенки муфельной части горелки, получить устойчивый факел на выходе из горелочного устройства и обеспечить

разогрев объема топочной камеры и пуск котла без применения жидкого топлива – мазута.

#### Литература:

1. А. с. 1210001 СССР, МКИ с. Пылеугольная горелка /Н. А. Сеулин, Л. Г. Осокин, В. К. Шнайдер, Федченко М.П. (СССР ). - № 3635118/24-06; заявл.18.08.83; опубл. 07.02.86, Бюл. № 5.
2. Пат. 114356 Российская Федерация, МПК F 23 D 1/02. Горелочное устройство/ В.А. Дубровский, Ж.Л. Евтихов, М.Ю. Потылицын, Н.В. Третьак; опубл. 20.03.2012, Бюл. №8. – 2с.
3. Дектерев, А.А. Математическая модель процессов аэродинамики и теплообмена в пылеугольных топочных устройствах / А.А. Дектерев, А.А. Гав-

рилов, М.Ю. Чернецкий, Н.С. Суржикова // Тепловые процессы в технике. – 2011. – Т.3. – №3. – С.140-144.

4. Чернецкий, М.Ю. Математическая модель процессов теплообмена и горения пылеугольного топлива при факельном сжигании / М.Ю. Чернецкий, А.А. Дектерев // Физика горения и взрыва. – 2011. – № 3. – С. 37-46.

5. Быстров Ю.А., Исаев С.А., Кудрявцев Н.А., Леонтьев А.И. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб. СПб.: Судостроение, 2005. 392 с

6. Crow, C.T. The Particle-Source-In Cell (PSI-CELL) Model for gas droplet flows / Crow C.T., Sharma M.P., Stock D.E. // Journal of Fluids Engineering. P. 325–332.



The AICAC Secretariat  
Tel: + 12 024700848  
Tel: + 44 2088168055  
e-mail: secretariat@court-inter.us  
skype: court-inter

# A I C A C

AMERICAN INTERNATIONAL  
COMMERCIAL  
ARBITRATION COURT

The American International Commercial Arbitration Court LLC – international non-government independent permanent arbitration institution, which organizes and executes the arbitral and other alternative methods of resolution of international commercial civil legal disputes, and other disputes arising from agreements and contracts.

The Arbitration Court has the right to consider disputes arising from arbitration clauses included into economic and commercial agreements signed between states.

Upon request of interested parties, the Arbitration Court assists in the organization of ad hoc arbitration. The Arbitration Court can carry out the mediation procedure.

For additional information  
please visit:  
[court-inter.us](http://court-inter.us)

Трещалин М.Ю.,  
д-р техн. наук, проф.  
Трещалин Ю.М.,  
инженер  
Московский государствен-  
ный технологический  
университет  
«СТАНКИН», Россия

Участники конференции,  
Национального первенства  
по научной аналитике

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАПИЛЛЯРНОЙ ПРОПИТКИ НЕТКАНОЙ ОСНОВЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В статье рассматривается возможность изготовления композиционных материалов на основе нетканых полотен. Приводятся данные по соотношению волокнистого состава и связующего. Изложены результаты экспериментальных исследований процесса капиллярной пропитки нетканой основы.*

**Ключевые слова:** композиционный материал, нетканое полотно, пропитка, связующее, полимеризация, капиллярный подъем.

*The possibility of manufacturing of composite materials on the basis of non-woven fabrics. The data on the ratio of fiber composition and binder. The results of experimental studies of the process of capillary impregnation nonwoven basis.*

**Keywords:** composite material, non woven, impregnated, middleware, polymerization, the capillary rise.

Многообразие слоистых композиционных материалов определяется большим выбором дублируемых компонентов, а также широкими возможностями регулирования условий их соединения, что позволяет создавать композиты с комплексом свойств, не только отражающих исходные характеристики компонентов, но и удовлетворяющих условиям перспективной эксплуатации.

Расширение областей применения элементов конструкций из композитов способствует появлению новых возможностей использования текстильных армирующих каркасов, что обусловлено высокой степенью взаимодействия волокон между собой и способностью основы по завершению процесса полимеризации связующего, принимать форму изделия с размерами, соответствующими проектным (расчетным) значениям. Кроме того, волокнистый каркас позволяет значительно улучшить прочностные свойства композитов: увеличивается сопротивление сдвигу и поперечному отрыву, повышается долговечность эксплуатации изделия.

Однако применение композитов в различных отраслях промышленности и строительства обуславливает вполне определенные требования к физико-механическим параметрам, при соблюдении которых наиболее эффективно их внедрение для конкретного использования. Вследствие того, что при одинаковом перспективном назначении режимы эксплуатации изделий из композиционных материалов могут быть различны, необходимо на стадии проектирования волокнистой основы композита подобрать

оптимальное сочетание количества и вида волокон, способов изготовления и геометрических характеристик изделий для обеспечения наилучших эксплуатационных показателей при минимальных затратах на его изготовление.

Как и любой материал, волокнистая система характеризуется взаимодействием (взаимозацеплением) волокон и плотностью их расположения в произвольно взятом макрообъеме. К специфическим особенностям таких материалов относятся: непрерывность и различная ориентация структурных элементов в пространстве.

Волокнистые (текстильные) композиты являются комбинацией полимерного связующего и основы, представляющей собой систему волокон или нитей. Причем степень взаимодействия элементов армирующего каркаса между собой определяются:

- способами изготовления (ткань, трикотаж, нетканый материал, плетеные изделия);
- направлением расположения, геометрическими размерами и особенностью комплексов структурных элементов (волокон и монопнитей);
- плотностью (пористостью) волокнистого холста.

Структурная целостность и технологичность изготовления волокнистого каркаса – основные показатели для организации массового автоматизированного производства композитов.

Выбор способа производства основы и используемое сырье часто определяют не только физико-механические свойства композиционного материала, но и до-

ступность и себестоимость изделий. Учитывая достаточно экономичную технологию выработки с точки зрения, как исходного волокнистого состава, так и условий работы оборудования, представляется целесообразным использовать нетканую основу для изготовления композиционных материалов.

Нетканые полотна относятся к наиболее быстро и динамично развивающейся ассортиментной группе текстильной продукции. К основным преимуществам таких изделий следует отнести высокие прочностные характеристики и возможность использования самого разнообразного волокнистого состава для их изготовления. Выработка нетканых полотен, в основном, осуществляется из полимерных волокон, благодаря оптимальному сочетанию свойств таких волокон, их стойкости к внешним воздействиям и стоимости (85 % используемого сырья – полиэфир и полипропилен).

Изготовление композитов в настоящее время основывается на выборе компонентов таким образом, чтобы физико-механические характеристики основы превосходили аналогичные показатели полимерной матрицы. Такое соотношение имеет место при производстве углепластиков и материалов на базе стекловолокнистых. Однако, стоимость этих изделий достаточно высока, потому их применение, например, в строительстве или жилищно-коммунальном и бытовом хозяйстве, не всегда экономически оправдано.

Композиционный материал и, как следствие, его волокнистая основа, достаточно часто должны обладать изо-



Таблица 1

Нагрузка ППЛ-5 об/мин.	Расход топлива (т/ч)	Коэф. избытка воздуха	Расход воздуха м3/час	CO	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
150	0,5	0,3	650	6,9	6,3	11,7	16,1	0,0	55,5
300	1	0,25	1050	7,4	7	10,5	19	0,0	54,3
600	2	0,15	1300	5,5	10,1	11,1	23,1	0,3	49,2
900	3	0,1	1300	3,4	13,1	11,2	27,5	0,4	43,1
1200	4	0,08	1300	2,4	16,5	12,4	28,1	0,5	39,8
1500	5	0,06	1300	1,7	18,5	12,6	29,1	0,6	37,3

тропными свойствами. Для многих областей применения композитов изотропность (определяет эксплуатационные свойства) и пористость или плотность (определяет интенсивность процесса пропитки) – это важнейшие характеристики армирующих каркасов. В связи с этим следует отдать предпочтение иглопробивным полотнам, так как их можно изготавливать с очень близкими по величине прочностными показателями во всех направлениях приложения нагрузок, что, в частности, существенно уменьшает возможность расслоения композита. При этом выполняются необходимые функциональные требования, предусматривающие определенное соотношение между механическими и термическими свойствами армирующих волокон и связующего:

- прочность и модуль упругости при растяжении волокон должен быть больше чем связующего. В качестве примера ниже, в табл. 1, приведены сравнительные прочностные характеристики полиэфирных и полипропиленовых волокон, а также смолы POLYLITE 516-M855, широко используемой в качестве связующего [1,2].

- термические характеристики волокон (температуры плавления или разложения) должны быть выше температуры связующего при его полимеризации.

Одной из основных технологических операций, связанных с производством композиционных материалов, является пропитка армирующей структуры полимерным связующим. Особенно важен этот аспект при использовании в качестве основы композитов готовых волокнистых полотен или изделий, к которым, в первую очередь, следует отнести нетканые полотна и плетеные каркасы, имеющие заданную потребителем форму.

Проблема пропитки заключается в

полном насыщении капиллярно-пористого пространства волокнистого каркаса специальными эпоксидными или фенолоформальдегидными смолами, разбавляемыми ацетоном, спиртом и другими растворителями. Учитывая, что при поступлении в пропиточный агрегат в порах основы находится воздух, задача сводится к максимально возможному его удалению в момент контакта со связующим.

Способ решения поставленной задачи во многом определяется технологическим процессом изготовления композита и последующего назначения изделия. Следует отметить, что независимо от способа, строго контролируются вязкость и количество наносимой смолы, сила натяжения полотна, температура и продолжительность сушки, количество летучих веществ и другие параметры.

Для достижения высоких прочностных свойств композитов, возможно производить пропитку нетканой основы следующими методами:

- протягиванием через ванну со связующим;
- окунанием волокнистого материала;
- просасыванием связующего через слой волокнистого материала под действием разности давлений;
- методом капиллярного насыщения;
- комбинированными методами.

С точки зрения технологического упрощения, снижения трудоемкости и энергетических затрат процесса пропитки, наиболее предпочтительным представляется метод капиллярного подъема. При этом расход связующего и интенсивность пропитки будут зависеть от пористости нетканой основы, способа ее изготовления и темпов впитывания связующего. Однако, учитывая ограниченное время, на протяжении которого связующее находится в жидком состоянии (до начала

полимеризации), целесообразно провести экспериментальное изучение процесса капиллярной пропитки.

Как показали исследования [3] высота и скорость капиллярного подъема возрастают с увеличением поверхностной (объемной) плотности полотен. Кроме того, капиллярность как по длине, так и по ширине образцов имеет приблизительно одинаковые значения. Учитывая то, что на протяжении первых 10 - 12 мин. смачивающая образец жидкость поднималась на высоту 60-80 мм в зависимости от поверхностной плотности нетканого полотна, т.е. время, когда связующее еще находится в жидком состоянии, проведены исследования образцов № 1, 2, 3, 4 (табл. 2), изготовленные разными способами и имеющие различные показатели.

Эксперимент проводился следующим образом. В форму, проложенную полиэтиленовой пленкой, наливалось жидкое связующее, на которое сверху, без какой либо нагрузки, укладывался образец нетканой основы и фиксировался начальный момент времени. Далее контролировалось количество и вязкость связующего, а также заполнение порового пространства образца за счет капиллярного подъема.

В результате проведения исследований установлено, что все испытуемые образцы в течение 6 – 8 минут полностью впитывают в себя связующее до начала его полимеризации, в количестве, равном объему порового пространства основы, за счет капиллярного подъема. При этом структура нетканого полотна не претерпевала никаких изменений. Однако наблюдается неравномерность количества связующего по толщине образца: в нижней части образуется отвердевшая подложка, а на внешней (верхней) поверхности над слоем матрицы выступают кончики волокон.

Таблица 1

Номер образца	Состав сырья и способ формирования холста	Толщина, при удельном давлении 2,0 кПа, мм.	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Пористость, %	Максимальный диаметр пор, мкм
1	ПП - 100 %, спанбонд иглопробивной термостаб.	2,30	437,4	79,1	107
2	ПП - 100 %, спанбонд иглопробивной термостаб.	2,50	469,7	79,3	94
3	Штапельное, ПЭ (20 %) + ПП (80 %), суровое, иглопробивное, «Геоком Д», «Комитекс»	6,72	780,1	88,7	40
4	Штапельное, ПЭ(20%) + ПП(80%), иглопробивное	6,77	868,2	87,5	45

Отдельного внимания заслуживает образец № 3, который пропитался приблизительно на 50 % по толщине в связи с недостатком связующего по отношению к пористости образца. Не пропитанная верхняя часть основы твердая, что объясняется более высокой скоростью подъема по капиллярам, имеющим наименьшие размеры.

При изучении торцевых срезов под микроскопом в структуре образцов не обнаружены пузырьки воздуха, что указывает достаточно высокое качество пропитки методом капиллярного подъема. Следует, также, отметить отсутствие воздушных включений, трещин, изломов на гра-

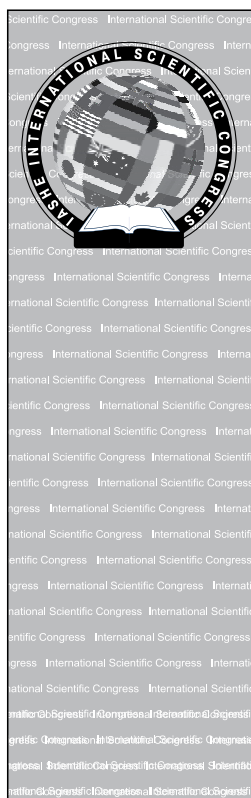
нице раздела волокно-связующее. Это позволяет судить о хорошем взаимодействии отвержденной матрицы и синтетических структурных элементов нетканой основы.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод о нецелесообразности использования метода капиллярного подъема связующего при пропитке основы без дополнительного уплотняющего устройства, например, валика, для отжима излишков связующего и удаления воздуха из пор волокнистого материала. Кроме того, существует необходимость в наличии прижимной крышки сверху, т.к. поверхности полученных изделий не-

сколько искривлены, что недопустимо при изготовлении облицовочных пластин или панелей из композитов.

#### Литература:

1. Композиционные материалы на основе бутадиен-стирольных каучуков. Химические волокна. <http://www.rae.ru/monographs/34-887>
2. <http://ruspol.spb.ru/516m855.htm>. POLYLITE 516-M855
3. Трещалин М.Ю., Мандрон В.С., Мухамеджанов Г.К. Исследование процесса капиллярного подъема жидкости в нетканых материалах. - Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4С, с. 24 – 26.



## INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS

### Multisectoral scientific-analytical forum for professional scientists and practitioners

#### **Main goals of the IASHE scientific Congresses:**

- Promotion of development of international scientific communications and cooperation of scientists of different countries;
- Promotion of scientific progress through the discussion comprehension and collateral overcoming of urgent problems of modern science by scientists of different countries;
- Active distribution of the advanced ideas in various fields of science.



For additional information please contact us:  
www: <http://gisap.eu>  
e-mail: [congress@gisap.eu](mailto:congress@gisap.eu)

Хлопков Ю.И.,  
д-р физ.-мат. наук, проф.  
Зея Мью Мьинт, канд. физ.-  
мат. наук, докторант  
Хлопков А.Ю., аспирант  
Чжо Зин, аспирант  
Московский физико-тех-  
нический институт, Россия

Участники конференции,  
Национального первенства  
научной аналитике,  
Открытого  
Европейско-Азиатского  
первенства по научной  
аналитике

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Предложена методика расчета и проведены исследования расчета аэродинамических характеристик перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов. Методика и разработанная программа расчета позволяют исследовать физику полета произвольных тел на всех этапах траектории полета: от орбитальной траектории до режима посадки. В частности, исследованы аэродинамические характеристики реальных компоновок гиперзвуковых летательных аппаратов по Российскому Проекту «Клипер» и Проекту USA «Falcon HTV-2».*

**Ключевые слова** космическая техника, гиперзвуковые летательные аппараты, аэродинамика в переходном режиме, числа Рейнольдса, гипотеза локальности.

*Research proposed the method and carried out the calculation of the aerodynamic characteristics of hypersonic vehicles. Method and this calculation program allow to study physics of flight of arbitrary bodies in all stages of path: from orbital trajectory to landing regime. In particular, it's investigated the aerodynamic characteristics of actual hypersonic aircraft layouts by Russian project «Clipper» and USA project «Falcon HTV-2».*

**Keywords:** space technology, hypersonic aircrafts, aerodynamic in transitional regime, Reynolds number, the hypothesis of locality.

Технический прогресс в космической технике и гиперзвуковой авиации привел к интенсивному развитию теоретических и экспериментальных исследований в области аэродинамики гиперзвуковых течений. Компьютерное моделирование позволяет при помощи инженерных методов быстро и надежно проводить анализ аэродинамических характеристик летательных аппаратов. При этом важное значение имеет исследование двух предельных областей газовой динамики. Одна из них - изучение динамики сплошной среды, а другая - свободномолекулярная газовая динамика и прилегающая к ней среда, где течение газа является разреженным [1]. Направление исследования гиперзвукового обтекания тел разреженным газом можно определить так: в первом случае в рамках обычной теории газовой динамики учитывают явления скольжения на поверхности обтекаемого тела, которое пропорционально разреженности среды, а второе, исходя из известной теории свободномолекулярного потока, пытаются учесть влияние межмолекулярных столкновений на аэродинамические характеристики [2].

Трудность экспериментального исследования аэродинамики гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА) обуславливается воспроизведением натуральных условий полета в аэродинамических трубах. Моделирование высокоскоростных

течений предполагает соблюдение критериев подобия, в первую очередь по числам Маха, Рейнольдса и отношению температур набегающего потока и температуры поверхности, а также обеспечением низкой степени турбулентности и однородности потока в рабочей части установки. При моделировании натурных условий основного критерия подобия Рейнольдса необходимо выдерживать целый ряд других критериев подобия. Одновременное решение этих проблем в рамках одной экспериментальной установки представляется невозможным. Законы поведения аэродинамических характеристик в переходной области весьма сложны и не могут быть получены простой интерполяцией данных для сплошной среды и свободномолекулярных течений [2]. Исследование течений газа в переходной области между течениями сплошной среды и свободномолекулярным представляет собой достаточно сложную задачу. Сложность обусловлена тем, что описание этих течений выходит за рамки обычной газовой динамики и требует учета молекулярной структуры газа для чего необходимо решать уравнение Больцмана. Решение уравнения Больцмана при малых числах Кнудсена, особенно для сложных тел - задача чрезвычайно трудоемкая. В этой связи естественным является появление и развитие инженерных методов, обоснованных со-

вокупным материалом экспериментальных, теоретических, численных результатов, дающих возможность предсказания аэродинамических характеристик (АДХ) сложных тел в переходном режиме. Метод основан на так называемой гипотезе локальности, предполагающей, что поток импульса на элемент поверхности определяется местным углом его наклона к набегающему потоку. Обработка экспериментальных данных показывает, что точность теории локального взаимодействия вполне приемлема для инженерных расчетов аэродинамических характеристик широкого класса тел на этапе предварительного проектирования [3, 4].

Целью настоящей работы является создание в применении инженерной программы определения основных аэродинамических характеристик сложной формы тел. Программа удобна для учета влияния числа  $Re$  в различных модификациях моделей локальности, предусматривает простой метод задания формы тела. Проведены аэродинамические расчеты воздушно-космического аппарата (ВКА) типов «Клипер (Clipper)», модель ЦАГИ» и ГЛА «Сокол (Falcon HTV-2)» в разреженной атмосфере с помощью метода, основанного на гипотезе локальности при различных числах  $Re$ .

Трудности решения аэродинамических задач обтекания пространственных тел потоком разреженного газа вызвали

развитие инженерных полуэмпирических методов, использующих накопленные теоретические, экспериментальные и расчетные данные. При моделировании натуральных условий необходимо учитывать влияние основных критериев подобия. В условиях гиперзвуковой стабилизации более рационально использовать в качестве критерия разреженности не число Кнудсена, а число Рейнольдса.

В данной работе используются выражения для элементарных сил давления и трения в форме работы [5].

$$p = p_0 \sin^2 \theta + p_1 \sin \theta, \\ \tau = \tau_0 \sin \theta \cos \theta.$$

Здесь коэффициенты  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $\tau_0$  (коэффициенты режима течения) зависят от числа Рейнольдса  $Re_0 = \rho \infty V \infty L / \mu_0$ , в котором коэффициент вязкости  $\mu_0$  вычисляется при температуре торможения  $T_0$ . Кроме числа Рейнольдса наиболее важным параметром является температурный фактор  $t_w = T_w / T_0$ , где  $T_0$ ,  $T_w$  – температура торможения и температура поверхности.

Зависимость коэффициентов режима в гиперзвуковом случае должна обеспечивать переход к свободномолекулярным значениям при  $Re_0 \rightarrow 0$  и значением теории Ньютона, методов тонких касательных клиньев или конусов при  $Re_0 \rightarrow \infty$ . На основе анализа расчетных и экспериментальных данных предложены эмпирические формулы

$$p_0 = p_\infty + [p_\infty (2 - \alpha_n) - p_\infty] p_1 / z \\ p_1 = z \exp[-(0,125 + 0,078 t_w) Re_{0эфф}] \\ - \tau_0 = 3,7 \sqrt{2} [R + 6,88 \exp \\ (0,0072 R - 0,000016 R^2)]^{-1/2}$$

Здесь

$$z = \left( \frac{\pi(\chi - 1)}{\chi} t_w \right)^{1/2} \quad R = Re_0 \left( \frac{3}{4} t_w + \frac{1}{4} \right)^{-0,67}$$

$$Re_{0эфф} = 10^{-m} Re_0 \quad m = 1,8(1 - h)^3$$

где  $h$  – относительный поперечный размер аппарата, равный отношению его высоты к длине.

Предложенная методика хорошо рекомендовала себя для расчета гиперзвукового обтекания выпуклых не очень тонких пространственных тел. Расчет полностью отражает качественное поведение  $C_x$  в зависимости от разреженности среды во всем диапазоне углов атаки и дает количественное соответствие с точностью около 5% [6].

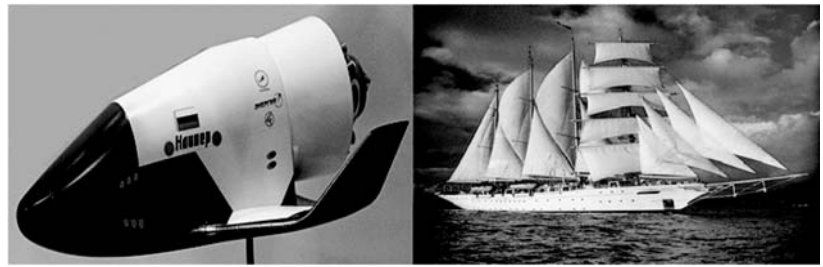


Рис. 1. Космический аппарат «Клипер» и быстроходный чайный корабль «Clipper»

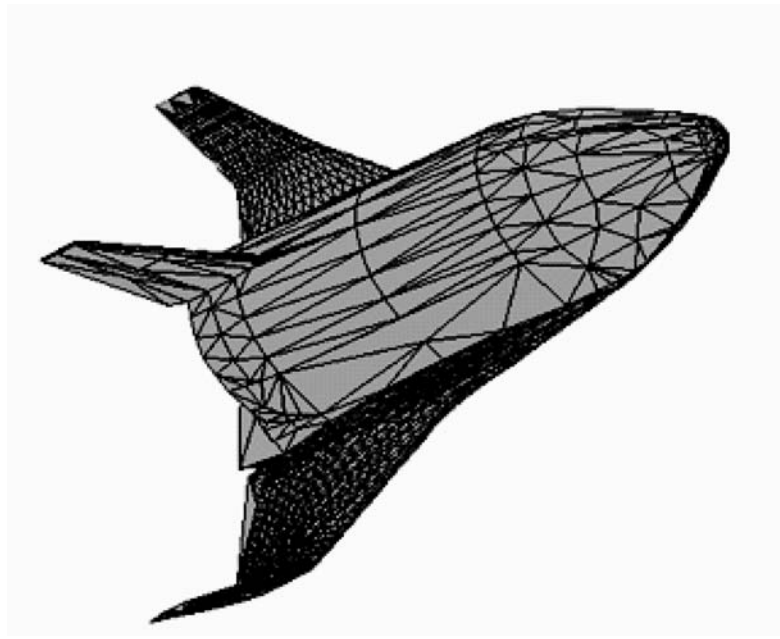


Рис. 2. Геометрическое представление варианта «ВКА Клипер, модель ЦАГИ»



Рис. 2. Геометрическое представление варианта «ВКА Клипер, модель ЦАГИ»

Локальный метод расчета аэродинамических характеристик тел в гиперзвуковом потоке разреженного газа в переходном режиме дает хороший результат по  $C_x$  для широкого класса тел. При малых углах атаки ( $\alpha < 5^\circ$ ) точность результата ухудшается, в этом случае необходимо привлекать более полные модели, учитывающие наличие пограничного слоя [5, 6].

Представлены результаты расчета

коэффициентов силы сопротивления для гиперзвуковых летательных аппаратов вариантов «ВКА Клипер ЦАГИ (Clipper) [7, 8, 9]» (Рис. 1, 2) и «Сокол (Falcon НТВ-2)» (Рис. 3, 4). Расчеты проводились с использованием локального метода в диапазоне углов атаки  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  с шагом  $5^\circ$ . Параметры задачи были следующие: отношение теплоемкостей  $\gamma = 1,4$ ; температурный фактор  $t_w = T_w / T_0 = 0,1$ ; число Рейнольдса  $Re_0 = 0, 10, 10^2, 10^4$ .



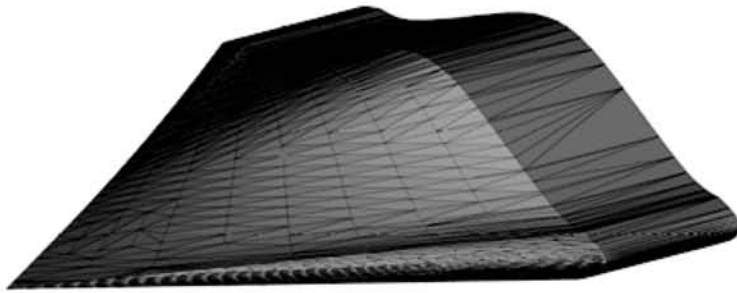


Рис. 4. Геометрическое представление варианта «(Falcon HTV-2)»

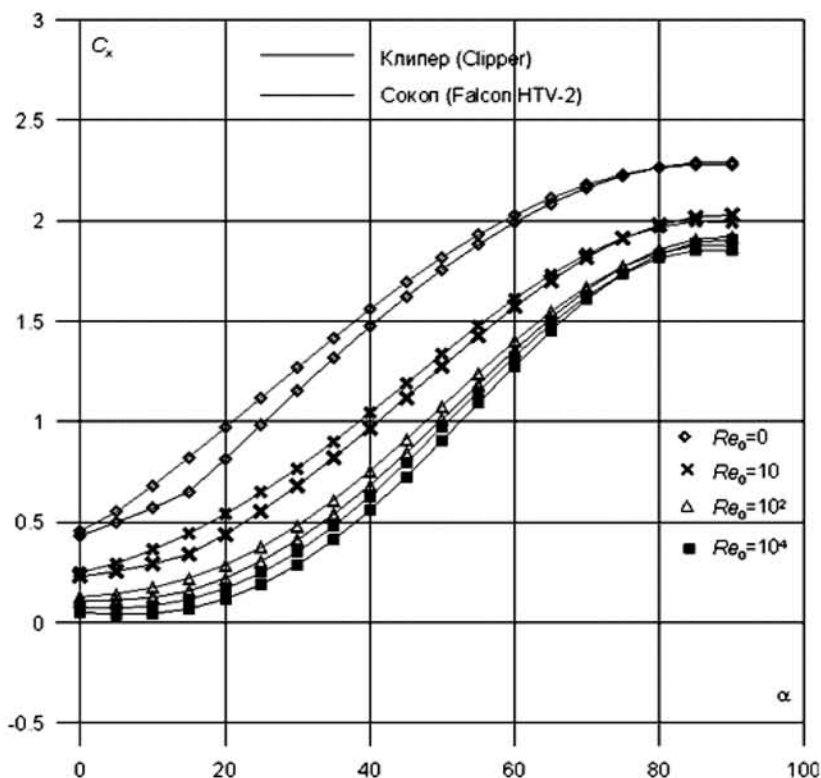
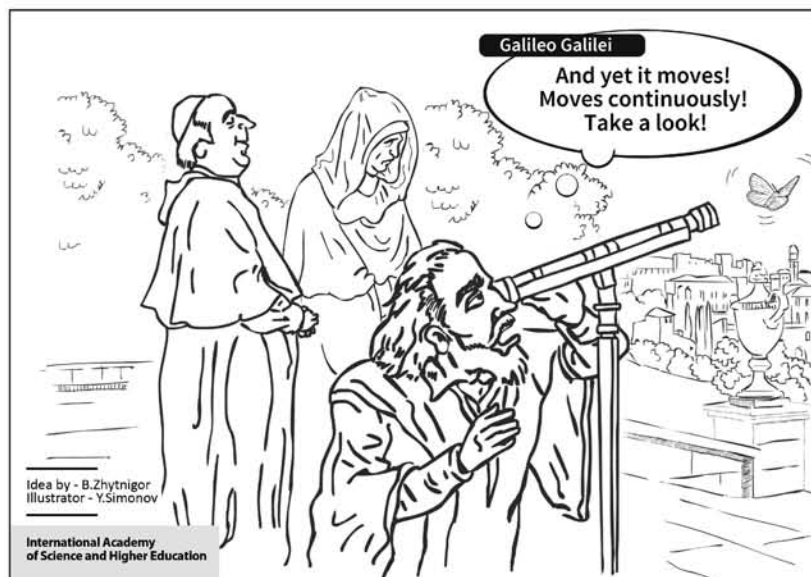


Рис. 4. Геометрическое представление варианта «(Falcon HTV-2)»



Для примера на рис. (5) представлено сравнение результатов расчета аэродинамических характеристик гиперзвуковых летательных аппаратов «Клипер» и «Falcon HTV-2» в переходном режиме при различных значениях числа Рейнольдса  $Re_0$ , т.е. на различных высотах полета. Из этих результатов видно, что коэффициенты силы сопротивления Falcon HTV-2 меньше, чем Клипера. Но для конечного заключения в пользу того или иного проекта необходимо провести комплексное многопараметрическое исследование.

## Литература:

1. Kogan M.N. Kinetic theory in aerothermodynamics. Progress in Aerospace Sciences. 1992. Т. 29. № 4. С. 271.
2. Гусев В.Н., Коган М.Н., Перепухов В.А. О подоби и изменении аэродинамических характеристик в переходной области при гиперзвуковых скоростях потока // Ученые записки ЦАГИ, Том 1, № 1, 1970. с 24-33.
3. Алексеева Е.В., Баранцев Р.Г. Локальный метод аэродинамического расчета в разреженном газе. — Изд. ЛГУ, 1976.
4. Sampaio P.A.C., Santos W.F.N. Computational analysis of the aerodynamic heating and drag of a reentry Brazilian satellite // Proceedings of the 6th National Congress of Mechanical Engineering, Campina Grande, PB, Brazil, 2010.
5. Галкин В.С., Ерофеев А.И., Толстых А.И. Приближенный метод расчета аэродинамических характеристик тел в гиперзвуковом разреженном газе // Труды ЦАГИ. 1977. Вып. 1833.
6. Хлопков Ю.И. Статистическое моделирование в вычислительной аэродинамике. М., МФТИ, 2006, 160 с. (монография)
7. Зея Мью Мьинг, Хлопков А.Ю. Аэродинамические характеристики летательного аппарата сложной формы с учётом потенциала взаимодействия молекулярного потока с поверхностью // Ученые записки ЦАГИ. 2010, Т. XLI, № 5, с. 33-45.
8. Ваганов А.В., Дроздов С.М., Косых А.П., Нерсесов Г.Г., Челышева И.Ф., Юмашев В.Л. Численное моделирование аэродинамики крылатого возвращаемого космического аппарата // Ученые записки ЦАГИ. 2009. Т. XL, № 2, с. 3-15.
9. Belotserkovskii O.M., Khlopkov Y.I. Monte Carlo Methods in Mechanics of Fluid and Gas. World Scientific Publishing Co. N-Y, London, Singapore, Beijing, Hong Kong 2010, 268 p. (monograph)



**GISAP** – is an international scientific analytical project under the auspices of the International Academy of Science and Higher Education (London, UK).

The project unites scientists from around the world with a purpose of advancing the international level of ideas, theories and concepts in all areas of scientific thought, as well as maintaining public interest to contemporary issues and achievements of academic science.

The project aims are achieved through championships and conferences in scientific analytics, which take place several times a month online.

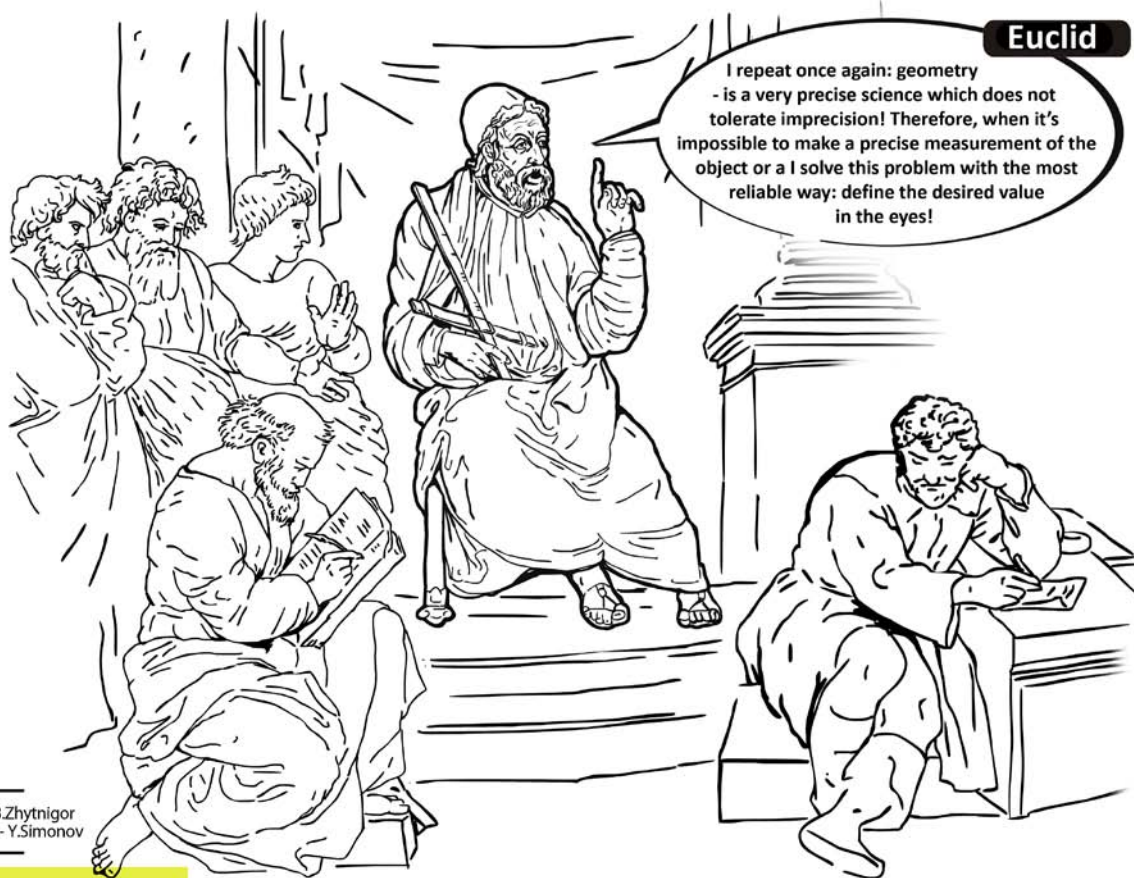
# INTERNATIONAL SCIENTIFIC ANALYTICAL PROJECT

**If you wish to take part in the project,  
please visit:**

**<http://gisap.eu>**

phone: +44 (20) 32899949

e-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu)



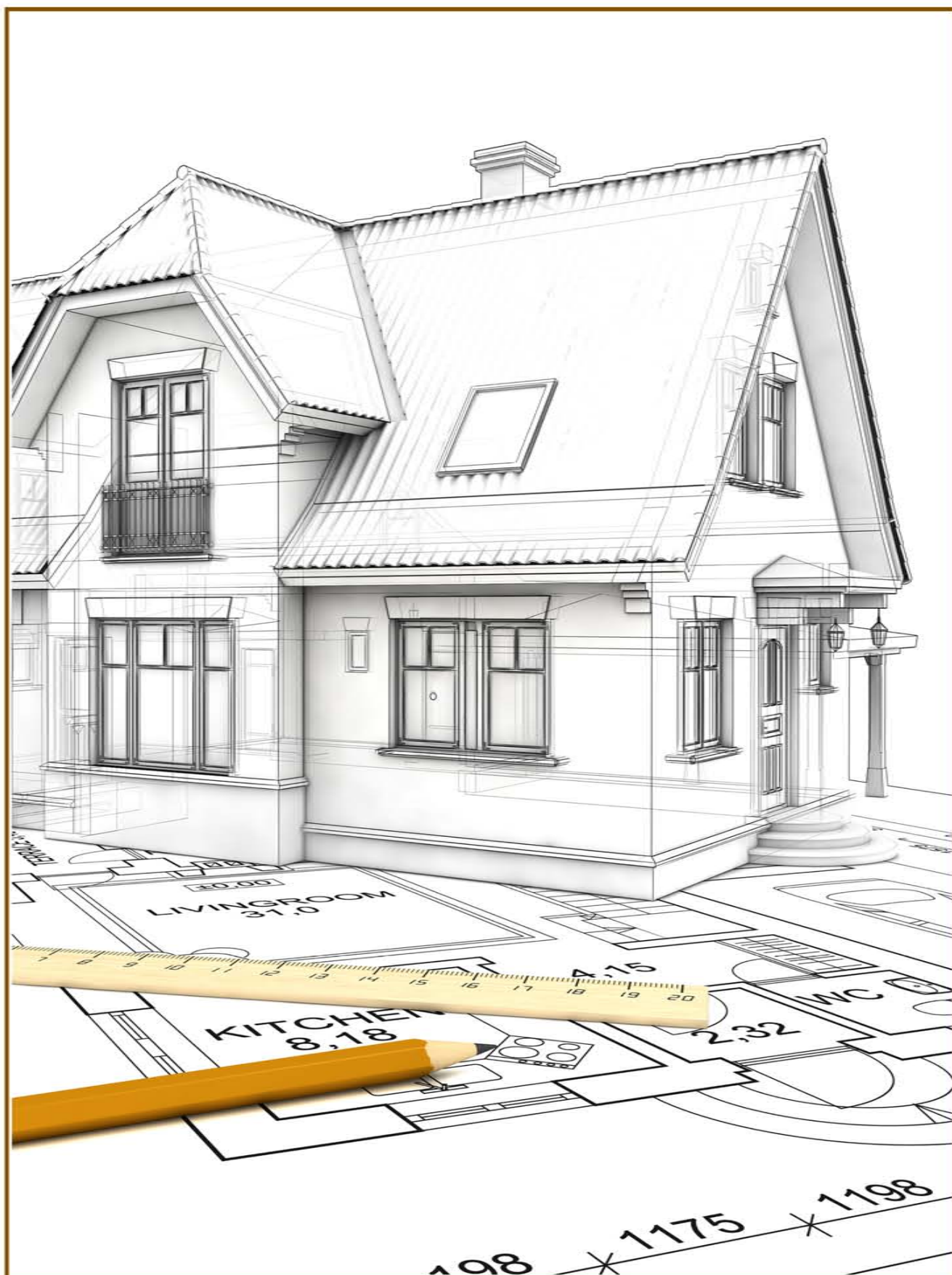
Idea by - B.Zhytnigor  
Illustrator - Y.Simonov

International Academy  
of Science and Higher Education



## GISAP Championships and Conferences September - December 2013

Branch of science	Dates	Stage	Event name
<b>SEPTEMBER</b>			
Pedagogical Sciences	26.09-01.10	III	Forming and qualitative development of modern educational systems
Economics, Law and Management	26.09-01.10	III	The state, corporation and individual: correlation of rights, economic interests and ways of their realization
<b>OCTOBER</b>			
Culturology, sports and art history	10.10-15.10	III	Place of the cultural heritage, art and conception thinking in the modern information-oriented society
Historical and philosophical sciences	10.10-15.10	III	Yesterday-today-tomorrow: historical and philosophical comprehension as the basis of the scientific world view
Biological, veterinary and agricultural sciences	24.10-29.10	III	Issues of conservation and reproduction of the consumed biological resources
Medicine and pharmaceuticals	24.10-29.10	III	Medical and pharmacological resources and a healthy life-style as means of the quality and length of human life increasing
<b>NOVEMBER</b>			
Philological Sciences	07.11-12.11	III	Language means of preservation and development of cultural values
Psychological Sciences	07.11-12.11	III	Development of modern psychology in a conditions of a permanent social crisis
Sociological, Political and Military Sciences	21.11-26.11	III	The necessity, admissibility and adequacy of measures for overcoming socio-political crises of modern society
<b>DECEMBER</b>			
Technical sciences, Construction, Architecture	05.12-10.12	III	The development of technical sciences, building sciences and architecture in the context of the needs of society alteration
Earth and Space Sciences	19.12-24.12	III	A particular case in conditions of limitlessness: Earth in the vast Universe
Physics, Mathematics, Chemistry	19.12-24.12	III	From the lever to the Higgs boson: dynamics of development and actual issues of Physics, Mathematics and Chemistry



**International Academy of Science and Higher Education (IASHE)**  
1 Kings Avenue, London, N21 1PQ, United Kingdom  
Phone: +442032899949  
E-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu)  
Web: <http://gisap.eu>